



HAL
open science

Quelles places pour la coordination motrice dans l'évolution de la lecture chez les enfants dyslexiques en école élémentaire ?

Aurélie Lavigne Bonnifet

► To cite this version:

Aurélie Lavigne Bonnifet. Quelles places pour la coordination motrice dans l'évolution de la lecture chez les enfants dyslexiques en école élémentaire ?. Education. Université Catholique l'Ouest, Angers, 2024. Français. NNT: . tel-04561132

HAL Id: tel-04561132

<https://hal.science/tel-04561132>

Submitted on 26 Apr 2024

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



UNIVERSITE CATHOLIQUE DE L'OUEST (FRANCE)

THESE DOCTORALE

(Programme Doctorat : Éducation, Carrièreologie et Éthique)

Présentée par

Madame LAVIGNE-BONNIFET Aurélie

Quelles places pour la coordination motrice dans l'évolution de la lecture chez les enfants dyslexiques en école élémentaire ?

Soutenue à Angers, le 11 mars 2024

Devant le jury composé de :

Pr. Bertrand BERGIER	Directeur de thèse, UCO Angers
MCF. Noëlle ZENDRERA	Co-encadrante, UCO Angers
Pr. Frédéric ANCIAUX	Université des Antilles
Pr. Montserrat FREIXA-NIELLA	Université de Barcelone
Dr Patrick BINISTI	Référent handicap Université Paris-Est Créteil Val de Marne

Résumé en français

Cette thèse doctorale éprouve la question de recherche suivante : « Quelles places pour la coordination motrice dans l'évolution de la lecture chez les enfants dyslexiques en école élémentaire ? ». L'intérêt de cette recherche, pour nous, enseignant.e.s en primaire, est d'explorer une nouvelle approche - complémentaire à l'orthophonie - pour traiter le trouble de la dyslexie. Actuellement, la rééducation est orthophonique et se déroule en cabinet libéral. Ainsi, nous pourrions recourir à de la coordination motrice à l'école, via l'Éducation Physique et Sportive pour améliorer la lecture des élèves dyslexiques. De plus, cette étude contribue à éclairer les décideurs politiques préoccupés par la dimension de ce trouble, dont les estimations en France atteignent jusqu'à 10 % des élèves (Tous à l'école, 2015; Écalte & Magnan, 2021).

De surcroît, ces travaux de recherche répondent à une pertinence scientifique. En effet, nous n'avons pas trouvé d'études comparables à celle-ci. Il existait une zone d'ombre concernant les répercussions d'un travail de coordination motrice sur l'évolution de la lecture d'enfants dyslexiques.

Dans le cadre de cette thèse, nous cherchons à confirmer ou infirmer l'hypothèse suivante : « La prise en compte de l'intégralité des composantes coordinatives améliorerait le niveau de lecture des enfants dyslexiques en école élémentaire ». Pour cela, nous examinons le décodage, la fluence et la compréhension de lecture auprès d'un groupe expérimental, qui a suivi un programme spécifique de coordination motrice, en comparaison à un groupe témoin qui ne l'a pas pratiqué. Les deux groupes sont composés d'enfants dyslexiques de huit à onze ans. Pour ce faire, nous utilisons une méthode quasi-expérimentale.

Les résultats de cette étude nous montrent des progrès en lecture de mots irréguliers, une lecture de texte plus rapide, une amélioration notable en expressivité et en phrasé, ainsi qu'une meilleure compréhension de texte. Par contre, ils ne décèlent pas de progrès en décodage de mots réguliers et de pseudo-mots. Nos résultats révèlent également une distinction d'évolution selon le type de dyslexie.

Ces résultats encourageants pourraient contribuer à une nouvelle approche de différenciation pédagogique pour faire progresser les enfants dyslexiques en situation de lecture.

Mots-clés en français

dyslexie développementale, coordination motrice, lecture, décodage, fluence, compréhension, circuits neuronaux, programme moteur

Titre de la thèse en anglais

What place does motor coordination play in the development of reading in dyslexic children in elementary school?

Abstract

This doctoral thesis addresses the following research question: “What place does motor coordination play in the development of reading in dyslexic children in elementary school? “. The interest of this research, for us, primary school teachers, is to explore a new approach – complementary to speech therapy – to treat dyslexia. Currently, rehabilitation is speech therapy and takes place in a private practice. Thus, we will use motor coordination at school, via Physical and Sports Education to improve the reading of dyslexic students. In addition, this study contributes to enlightening political decision-makers concerned about the dimensions of this problem, which is estimated in France to reach up to 10% of students (Tous à l'école, 2015; Écalles & Magnan, 2021).

In addition, this research has scientific relevance. Indeed, we did not find any studies comparable to this one. There was a grey area regarding the repercussions of motor coordination work on the development of reading in dyslexic children.

As part of this thesis, we seek to confirm or refute the following hypothesis: “Taking into account all of the coordinative components would improve the reading level of dyslexic children in elementary school”. To do this, we examine decoding, fluency and reading comprehension in an experimental group, which followed a specific motor coordination program, in comparison to a control group which did not follow such a program. Both groups are made up of dyslexic children aged eight to eleven. To do this, we use a quasi-experimental method.

The results of this study show us progress in reading irregular words, faster reading of text, a notable improvement in expressiveness and phrasing, as well as better text comprehension. On the other hand, they do not detect any progress in decoding regular words and pseudo-words. Our results also reveal a distinction in evolution depending on the type of dyslexia.

These encouraging results could contribute to a new approach of educational differentiation to help dyslexic children progress in reading situations.

Key-words

developmental dyslexia, motor coordination, reading, decoding, fluency, comprehension, neural circuits, motor program

PRÉAMBULE

Cette thèse doctorale est le fruit d'un questionnement issu d'une situation advenant de mon cercle familial, mais aussi d'observations survenues auprès d'élèves en classe élémentaire.

En février 2011, Victor âgé de treize ans, dyslexique, scolarisé en classe de 5^{ème}, réalise un devoir maison d'histoire-géographie dans la salle à manger de mon logement. Cela lui demande de lire un énoncé puis de répondre à des questions. N'y parvenant pas, je lui propose de me lire à voix haute son texte dans le but de l'aider. Il me produit alors une lecture très saccadée et incompréhensible. A côté de moi se trouve Bastien, âgé de cinq ans et élève de Cours Préparatoire ayant sauté la classe de Grande Section. Il s'assoit à côté de Victor, lui emprunte sa fiche de travail et lui dit : « Attends, je vais t'aider. ». Alors, il se met à lire avec facilité et fluidité le texte en entier ainsi que toutes les questions. Depuis ce jour, je me demande comment cela est-il possible qu'un enfant de treize ans, ayant bénéficié d'une scolarité traditionnelle avec une année d'enseignement formel en lecture et six années de consolidation, peut-il ne toujours pas savoir lire ?

Enseignante dans le premier degré, chaque année je suis en contact avec des élèves très bons lecteurs et d'autres en grande difficulté de lecture diagnostiqués dyslexiques. Ma proximité avec ses enfants entraîne chez moi une interrogation récurrente : pourquoi deux enfants ayant suivi les mêmes apprentissages car scolarisés dans la même classe au moins en cours préparatoire et cours élémentaire 1^{ère} année, ne progressent-ils pas à la même vitesse en lecture, pourquoi l'un entrera facilement dans la lecture alors que l'autre sera dyslexique ? Cette constatation de décalage extrême m'amène à d'autres questions : pourquoi certains enfants sont touchés par la dyslexie et d'autres pas ? Quels sont les causes de ce trouble, d'où vient-il ? Peut-on y remédier et si oui, comment ?

Ce sont tous ces questionnements issus de mes environnements familial et professionnel qui sont à l'origine de l'écriture de ce mémoire. Ce sont l'envie et le besoin d'approfondir mes connaissances sur la thématique de la dyslexie développementale qui m'amènent aujourd'hui à réaliser cet écrit.

REMERCIEMENTS

Quelle aventure que de réaliser une thèse doctorale ! Même si beaucoup d'heures de travail sont réalisés seule, ma route a croisé de belles personnes qui ont su me soutenir ou m'aider, et je tiens à les remercier.

Tout d'abord, je remercie mon directeur de thèse, monsieur Bertrand Bergier, qui m'a accordé sa confiance et a été bienveillant au plus haut point. Il m'a guidé précieusement tout en me laissant une liberté afin d'orienter mes recherches dans les domaines que je souhaitais. Je lui suis infiniment reconnaissante.

Ensuite, je remercie mon accompagnatrice, madame Noëlle Zendrera, pour son soutien, ses encouragements et sa droiture dans ses conseils. Notre passion commune pour les neurosciences nous ont, je pense, rapprochées. Quelle merveilleuse rencontre !

Par ailleurs, je remercie messieurs Fred Poché et Patrick Binisti qui m'ont prodigué des indications précieuses pour rendre mon écrit le plus complet possible. Aussi, madame Dousset Marjorie, orthophoniste, qui m'a apporté son regard professionnel sur la lecture et ses difficultés.

Aussi, je remercie tous les participants à cette recherche qui ont donné de leur temps pour participer au protocole expérimental, et à leurs parents pour leur disponibilité afin de les accompagner. Sans oublier ma cheffe d'établissement qui m'a octroyé le droit d'utiliser les infrastructures de l'école afin d'accueillir les enfants.

Encore, je remercie mon époux, sans qui cette thèse n'aurait pas pu voir le jour. Il a géré mille et une choses afin de me laisser du temps pour suivre la formation, effectuer mes lectures et mes recherches dans le but d'aboutir à cet écrit. Que de sacrifices consentis !

Plus encore, je remercie ma mère qui a été pendant quatre années ma première lectrice et qui m'a soutenu pendant tout ce temps.

Enfin, je remercie mes collègues de cohorte avec qui j'ai partagé des moments très riches en connaissances et en relations humaines. Que d'échanges passionnants, constructifs et enrichissants qui m'ont fait découvrir d'autres domaines et d'autres cultures. Ceci m'a permis de cultiver et de développer mon ouverture d'esprit.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : LES PRÉREQUIS DE L'ACTE DE LIRE	9
1.1 Qu'est-ce que lire ?	9
1.2 L'apprentissage de la lecture.....	12
<i>1.2.1 Les différentes stratégies de lecture.....</i>	<i>12</i>
1.2.1.1 La phase logographique.	13
1.2.1.2 La phase alphabétique.	13
1.2.1.3 La phase orthographique.	15
1.2.1.4 La phase sémantique.	15
<i>1.2.2 Les différentes voies de lecture.....</i>	<i>15</i>
1.2.2.1 La voie d'assemblage.	16
1.2.2.2 La voie d'adressage.	16
1.3 Les fonctions cognitives nécessaires à la lecture	18
<i>1.3.1 L'attention.....</i>	<i>19</i>
<i>1.3.2 La mémoire.....</i>	<i>19</i>
<i>1.3.3 Le langage.....</i>	<i>21</i>
<i>1.3.4 Les praxies.....</i>	<i>22</i>
<i>1.3.5 Les gnosies.....</i>	<i>23</i>
<i>1.3.6 Les fonctions exécutives.....</i>	<i>23</i>
<i>1.3.7 Les fonctions visuo-spatiales.....</i>	<i>24</i>
<i>1.3.8 La vitesse de traitement de l'information.....</i>	<i>24</i>
<i>1.3.9 La cognition sociale.....</i>	<i>25</i>
1.4 Les relations des fonctions cognitives usitées en situation de lecture.....	25
CHAPITRE 2 : EXPLORATION DE LA DYSLEXIE DÉVELOPPEMENTALE	29
2.1 Historique et définitions	29

2.1.1	<i>L'historique de la dyslexie</i>	29
2.1.2	<i>Les définitions de la dyslexie développementale</i>	30
2.1.3	<i>Dyslexie : handicap, déficience ou trouble ?</i>	33
2.2	<i>Les différents types ou profils de dyslexie</i>	35
2.2.1	<i>La dyslexie phonologique</i>	36
2.2.2	<i>La dyslexie visuo-perceptuelle</i>	37
2.2.3	<i>La dyslexie mixte</i>	38
2.3	<i>L'étiologie de la dyslexie</i>	38
2.3.1	<i>Un déficit phonologique</i>	40
2.3.2	<i>Un déficit de la perception auditive</i>	40
2.3.3	<i>Des troubles visuels</i>	42
2.3.4	<i>Un déficit procédural</i>	43
2.3.5	<i>Des anomalies anatomiques cérébrales</i>	44
2.3.6	<i>Des anomalies fonctionnelles cérébrales</i>	46
2.3.7	<i>Un déficit de la fonction cérébelleuse</i>	47
2.3.8	<i>Un trouble de la connectivité</i>	47
2.3.9	<i>Un déficit d'intégration intermodale</i>	48
2.3.10	<i>Un déficit de la cognition temporelle</i>	49
2.3.11	<i>Une influence génétique</i>	49
2.3.12	<i>Une influence de l'environnement familial</i>	51
2.3.13	<i>Une influence sociale</i>	52
2.3.14	<i>Une influence psychologique</i>	53
2.3.15	<i>Une influence pédagogique</i>	54
2.4	<i>Les troubles associés à la dyslexie</i>	55
2.4.1	<i>Les terminologies</i>	55
2.4.2	<i>Les comorbidités à la dyslexie</i>	56
2.5	<i>Les troubles moteurs</i>	57

2.5.1 Définition du concept de « trouble moteur ».....	57
2.5.2 Évolution historique du concept de « trouble moteur ».....	58
2.5.3 Le trouble développemental de la coordination.....	59
2.5.4 Les conséquences d'un trouble développemental de la coordination.....	60
2.5.5 Rapprochement étiologique entre le trouble développemental de la coordination et la dyslexie.....	62

CHAPITRE 3 : CARACTÉRISATION DE LA COORDINATION MOTRICE

3.1 Qu'est-ce que la coordination motrice ?	69
3.2 Les composantes coordinatives ou les capacités de coordination.....	75
3.3 La représentation fonctionnelle d'une action motrice simple	77
3.4 La représentation fonctionnelle d'une action motrice complexe	83
3.5 Les facteurs limitants la coordination motrice	84
3.5.1 Les facteurs environnementaux.....	85
3.5.2 Les facteurs liés à l'âge.....	85
3.5.3 Les facteurs physiologiques	88
3.5.4 Les facteurs biomécaniques	88
3.5.5 Les facteurs liés au genre.....	89
3.5.6 Les facteurs psychologiques.....	89
3.5.7 Les facteurs liés aux modes de vie	90
3.5.8 Le facteur génétique.....	91

CHAPITRE 4 : CONNEXITÉ DES CIRCUITS NEURONAUX DE LA LECTURE ET DE LA COORDINATION MOTRICE

4.1 Préambule	93
4.2 Les circuits neuronaux de la lecture.....	97
4.2.1 La reconnaissance visuelle.....	98
4.2.2 L'accès au son des lettres et au sens des mots.....	100

4.2.3	<i>Les faisceaux de communication</i>	102
4.2.3.1	Le faisceau longitudinal supérieur ou faisceau arqué.	102
4.2.3.2	Le faisceau fronto-occipital.....	103
4.2.3.3	Le faisceau longitudinal inférieur.....	104
4.2.3.4	Les faisceaux d'association en « U ».	104
4.2.4	<i>L'élaboration et la production de la lecture à voix haute</i>	106
4.2.5	<i>L'automatisation de la lecture</i>	107
4.2.5.1	L'automatisme de la lecture silencieuse.	108
4.2.5.2	L'automatisme de la lecture à voix haute.	109
4.3	Les circuits neuronaux de la lecture chez les dyslexiques	111
4.3.1	<i>La reconnaissance visuelle</i>	111
4.3.2	<i>L'accès au son des lettres et au sens des mots</i>	112
4.3.3	<i>Les faisceaux de communication</i>	114
4.3.4	<i>L'élaboration et la production de la lecture à voix haute</i>	115
4.3.5	<i>L'automatisation de la lecture silencieuse et oralisée</i>	116
4.4	Les circuits neuronaux d'un mouvement de coordination motrice	118
4.4.1	<i>Les circuits corticaux et sous-corticaux du contrôle moteur</i>	118
4.4.2	<i>Les circuits neuronaux visuels dans l'acte moteur coordonné</i>	120
4.4.3	<i>L'automatisation d'un mouvement coordonné</i>	123
4.5	Les analogies cérébrales structurelles et fonctionnelles de la lecture et de la coordination motrice.....	126
4.5.1	<i>Les analogies structurelles</i>	126
4.5.2	<i>Les analogies fonctionnelles</i>	127
CHAPITRE 5 : NOTRE PROTOCOLE QUASI-EXPÉRIMENTAL		129
5.1	Le type de protocole	129
5.2	L'échantillonnage.....	130
5.2.1	<i>L'échantillon, sa taille, les critères d'inclusion</i>	130

5.2.2	<i>Les critères d'exclusion, le mode de recrutement, la codification</i>	131
5.3	L'organisation générale de la quasi-expérimentation	131
5.3.1	<i>Le lieu, les dates et la durée de l'expérimentation</i>	131
5.3.2	<i>Les matériels utilisés</i>	133
5.3.2.1	Les matériels des tests de lecture.	133
5.3.2.2	Les matériels du programme moteur et des tests de coordination.	135
5.4	Les instruments de mesure	137
5.4.1	<i>Les tests d'essai</i>	137
5.4.1.1	Les tests d'essai du programme moteur	137
5.4.1.2	Les tests d'essai en lecture.	138
5.4.2	<i>Les tests de lecture à T0</i>	141
5.4.2.1	Le test de décodage.	141
5.4.2.2	Le test de fluence.....	142
5.4.2.3	Le test de compréhension.....	145
5.4.3	<i>Les tests de coordination motrice à T0 et T2</i>	147
5.4.4	<i>Les tests de lecture à T2</i>	149
5.4.4.1	Le test de décodage.	150
5.4.4.2	Le test de fluence.....	150
5.4.4.3	Le test de compréhension.....	150
5.5	Le programme moteur	151
5.6	La justification du programme moteur	161
5.7	Synthèse du protocole	163
CHAPITRE 6 : DESCRIPTION ET ANALYSE DE NOS RÉSULTATS		165
6.1	La description exhaustive des caractéristiques de notre échantillon.....	165
6.1.1	<i>Le genre</i>	165
6.1.2	<i>L'appartenance à un groupe</i>	166
6.1.3	<i>Le niveau de classe</i>	166

6.1.4	<i>Les types de dyslexie</i>	167
6.1.5	<i>La latéralité manuelle</i>	168
6.1.6	<i>Le parcours scolaire</i>	169
6.1.7	<i>Les mesures anthropométriques</i>	170
6.1.8	<i>L'hérédité familiale en lien avec la dyslexie</i>	173
6.1.9	<i>Les suivis paramédicaux</i>	174
6.1.10	<i>Les activités sportives</i>	177
6.2	<i>La description et l'analyse des résultats</i>	179
6.2.1	<i>La description et l'analyse des tests de coordination motrice</i>	180
6.2.2	<i>La description et l'analyse des tests de lecture</i>	196
6.2.2.1	<i>La description et l'analyse du test de décodage</i>	196
6.2.2.2	<i>La description et l'analyse du test de fluence</i>	207
6.2.2.3	<i>La description et l'analyse du test de compréhension</i>	223
6.3	<i>Synthèse des analyses des tests de coordination motrice et de lecture</i>	229
CHAPITRE 7 : DISCUSSION		231
7.1	<i>Préambule</i>	231
7.2	<i>Discussion des résultats</i>	233
7.2.1	<i>Le décodage des mots irréguliers</i>	233
7.2.2	<i>Le décodage des mots réguliers</i>	236
7.2.3	<i>Le décodage des pseudo-mots</i>	236
7.2.4	<i>La fluence en nombre de mots correctement lus en une minute</i>	237
7.2.5	<i>La fluence en expressivité</i>	241
7.2.6	<i>La fluence en phrasé</i>	243
7.2.7	<i>La compréhension de lecture de texte</i>	245
7.3	<i>Critique méthodologique</i>	247
7.3.1	<i>Les biais</i>	247
7.3.2	<i>La technicité du protocole</i>	249

7.4 Les forces et les limites de notre étude	250
7.5 Les perspectives de notre étude.....	251
CONCLUSION	253
Bibliographie.....	255
Annexes	279
Annexe 1 : Autorisation de mise à disposition des locaux.....	279
Annexe 2 : Questionnaire sur les participants	280
Annexe 3 : Attestations d'autorisation Cognisciences et ROLL.....	281
Annexe 4 : Test de décodage à T0 destiné au participant	282
Annexe 5 : Test de décodage à T0 destiné à la chercheure	283
Annexe 6 : Test de fluence et de compréhension à T0 destiné au participant	284
Annexe 7 : Test de fluence et de compréhension à T0 destiné à la chercheure	286
Annexe 8 : Questionnaire de compréhension à T0 destiné à la chercheure	288
Annexe 9 : Réponses du questionnaire du texte « Les deux bossus »	289
Annexe 10 : Recueil des résultats des tests de coordination motrice à T0 et T2	292
Annexe 11 : Test de décodage à T2 destiné au participant	293
Annexe 12 : Test de décodage à T2 destiné à la chercheure.....	294
Annexe 13 : Test de fluence et de compréhension à T2 destiné au participant	295
Annexe 14 : Test de fluence et de compréhension à T2 destiné à la chercheure	297
Annexe 15 : Questionnaire de compréhension à T2 destiné à la chercheure	299
Annexe 16 : Réponses du questionnaire du texte « Au bord du fleuve ».....	300
Annexe 17 : Attestation d'autorisation du cercle de Destiné	303
Annexe 18 : Attestation de stage Bal-A-Vis-X.....	304
Annexe 19 : Fiche de renseignements d'un participant	305
Annexe 20 : Fiches de recueil des résultats de terrain de participants.....	306

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les différentes voies de lecture	17
Tableau 2 : Les différentes mémoires usitées en situation de lecture	21
Tableau 3 : Les gènes identifiés en lien avec la dyslexie.....	50
Tableau 4 : Les troubles moteurs chez les enfants dyslexiques	56
Tableau 5 : Les difficultés observées chez un individu présentant un trouble développemental de la coordination	61
Tableau 6 : Les symptômes liés au trouble développemental de la coordination	62
Tableau 7 : Rapprochement étiologique entre la dyslexie et le trouble développemental de la coordination.....	66
Tableau 8 : Les critères non observables antérieurs à un acte moteur coordonné et ceux observables lors d'une action motrice coordonnée.	75
Tableau 9 : Les périodes propices pour perfectionner les capacités de coordination de la 1 ^{ère} année scolaire (6 ans) à la 10 ^{ème} année scolaire (15 ans)	86
Tableau 10 : Les phases sensibles durant lesquelles les périodes d'apprentissage sont les plus favorables chez les enfants de 6 à 15 ans	87
Tableau 11 : Planning des dates et des durées de l'expérimentation	133
Tableau 12 : Nombre moyen de mots lus correctement par minute en fonction du niveau de classe pour des élèves sans trouble	143
Tableau 13 : Échelle Multi-Dimensionnelle de Fluence, évaluation de l'expression et du phrasé	144
Tableau 14 : Validation de l'intégralité des composantes coordinatives dans les différents exercices expérimentaux	162
Tableau 15 : Données des mesures anthropométriques.....	170
Tableau 16 : Résultats à T0 des six exercices du test de coordination.....	180
Tableau 17 : Détails des moyennes, médianes, écarts-types et extrêmes des résultats des groupes témoin et expérimental à T0 pour les six exercices du test de coordination motrice.....	183
Tableau 18 : Résultats objectifs et subjectifs à T0 et à T2 en jongles.....	188

Tableau 19 : Résultats objectifs et subjectifs à T0 et à T2 en sauts de corde	188
Tableau 20 : Résultats objectifs et subjectifs à T0 et à T2 en dribbles main droite.....	189
Tableau 21 : Résultats objectifs et subjectifs à T0 et à T2 en dribbles main gauche.....	189
Tableau 22 : Résultats objectifs et subjectifs à T0 et à T2 en saisies de ballon au vol.....	190
Tableau 23 : Résultats objectifs et subjectifs à T0 et T2 en pose de pieds dans un cerceau roulant	190
Tableau 24 : Résultats du test de décodage.....	196
Tableau 25 : Résultats des temps mis au test de décodage	199
Tableau 26 : Résultats des mots irréguliers par types de dyslexie	202
Tableau 27 : Résultats des mots réguliers par types de dyslexie	203
Tableau 28 : Résultats des pseudo-mots par types de dyslexie.....	205
Tableau 29 : Récapitulatif des analyses du test de décodage.....	207
Tableau 30 : Résultats des MCLM au test de fluence.....	208
Tableau 31: Résultats des moyennes et des taux de progression des MCLM au test de fluence	208
Tableau 32 : Résultats des taux de progression des moyennes des MCLM après lissage	211
Tableau 33 : Résultats des mots lus avec erreur.....	212
Tableau 34 : Résultats des MCLM par types de dyslexie	214
Tableau 35 : Résultats de la prosodie au test de fluence	215
Tableau 36 : Résultats des moyennes et des taux de progression de l'expressivité au test de fluence	216
Tableau 37 : Résultats des moyennes et des taux de progression du phrasé au test de fluence	216
Tableau 38 : Résultats de l'expressivité par types de dyslexie	220
Tableau 39 : Résultats du phrasé par types de dyslexie	220
Tableau 40 : Récapitulatif des analyses du test de fluence	223
Tableau 41 : Résultats du test de compréhension	224

Tableau 42 : Résultats des moyennes par types de réponse au test de compréhension	224
Tableau 43 : Résultats des réponses « Vrai » au test de compréhension	225
Tableau 44 : Résultats des réponses « Vrai » par types de dyslexie	227
Tableau 45 : Récapitulatif des analyses du test de compréhension.....	229
Tableau 46 : Synthèse des résultats des analyses des tests de coordination motrice et de lecture	230

Liste des figures

Figure 1 : Une schématisation du modèle de Van Dijk et Kintsch	11
Figure 2 : Les différentes fonctions cognitives	18
Figure 3 : Les relations des fonctions cognitives usitées en situation de lecture	26
Figure 4 : Les relations entre les types cognitions sociales et les autres fonctions cognitives usitées en situation de lecture	27
Figure 5 : Évolution de la définition de la dyslexie	32
Figure 6 : Évolution nosographique de la dyslexie	35
Figure 7 : Schématisation des trois types de dyslexie développementale	39
Figure 8 : Les qualités physiques	71
Figure 9 : Les qualités physiques représentent le matériau de base de la coordination	72
Figure 10 : Les trois grands types de capacité motrice	72
Figure 11 : Modèle simplifié du traitement de l'information	78
Figure 12 : Les étapes du traitement de l'information	78
Figure 13 : Représentation schématique de la première phase du traitement de l'information	79
Figure 14 : Localisation des différentes parties du cerveau	80
Figure 15 : Localisation des cortex prémoteur et moteur	81
Figure 16 : Représentation fonctionnelle de la troisième phase du traitement de l'information	81
Figure 17 : Représentation fonctionnelle simplifiée du traitement de l'information lors d'une action motrice simple	82
Figure 18 : Représentation fonctionnelle d'un contrôle moteur volontaire en une boucle fermée	83
Figure 19 : Extension du modèle en boucle fermée pour le contrôle du mouvement	84
Figure 20 : Composition du système nerveux central	94
Figure 21 : Schéma d'un neurone	94
Figure 22 : Schéma de localisation d'une synapse	95

Figure 23 : Schéma fonctionnel d'une synapse.....	96
Figure 24 : Les neurones dans la substance grise et blanche en coupe frontale.....	97
Figure 25 : Les voies visuelles en coupe horizontale.....	99
Figure 26 : Emplacement des aires de Wernicke et de Broca dans le cerveau	100
Figure 27 : Emplacements du planum temporale et du territoire de Geschwind	101
Figure 28 : Représentation tridimensionnelle du faisceau arqué présentant la voie alternative du territoire de Geschwind	103
Figure 29 : Représentation tridimensionnelle du faisceau fronto-occipital et du faisceau longitudinal inférieur.....	104
Figure 30 : Représentation de faisceaux d'association composés de fibres courtes dites en « U »	105
Figure 31 : Schéma représentatif des faisceaux d'association usités en lecture	105
Figure 32 : Localisation des structures cérébrales intervenant dans la lecture à voix haute..	107
Figure 33 : Les structures corticales et sous-corticales impliquées dans la partie motrice des boucles cortico-striatale et cortico-cérébelleuse.....	110
Figure 34 : Organisation hiérarchique encéphalique d'un mouvement volontaire	119
Figure 35 : Organisation circulaire des structures sous-corticales en rouge mise en relation avec les différentes aires motrices	119
Figure 36 : Les voies visuelles lors un exercice de jonglerie.....	121
Figure 37 : Les trajectoires dorsale et ventrale représentant les deux voies de traitement visuel	121
Figure 38 : Organisation encéphalique intégrant des feedbacks sensoriels	122
Figure 39 : Modèle de plasticité cérébrale relié à l'apprentissage d'une séquence de mouvements	124
Figure 40 : Figure récapitulative du programme moteur	161
Figure 41 : Figure récapitulative et chronologique du protocole expérimental	163
Figure 42 : Répartition des participants selon leur genre.....	165
Figure 43 : Répartition des participants du groupe témoin selon leur genre.....	166

Figure 44 : Répartition des participants du groupe expérimental selon leur genre.....	166
Figure 45 : Répartition des participants selon le niveau de classe.....	166
Figure 46 : Répartition des participants du groupe témoin selon leur niveau de classe	167
Figure 47 : Répartition des participants du groupe expérimental selon leur niveau de classe	167
Figure 48 : Répartition des participants du groupe témoin selon leur type de dyslexie	167
Figure 49 : Répartition des participants du groupe expérimental selon leur type de dyslexie	168
Figure 50 : Répartition des participants selon leur main d'écriture	168
Figure 51 : Répartition des participants selon le redoublement.....	169
Figure 52 : Vue globale de l'âge des participants	171
Figure 53 : Vue globale de la taille des participants	171
Figure 54 : Vue globale de la masse (poids) des participants	172
Figure 55 : Vue globale de l'indice de la masse corporelle des participants (IMC).....	172
Figure 56 : Présentation des IMC des participants.....	173
Figure 57 : Répartition des participants selon une hérédité familiale	174
Figure 58 : Répartition des participants selon un suivi orthophonique à l'année	174
Figure 59 : Répartition des participants selon le suivi des séances d'orthophonie durant T1	175
Figure 60 : Répartition des participants selon un suivi orthoptiste.....	175
Figure 61 : Répartition des participants selon l'avancée de leur suivi orthoptiste.....	176
Figure 62 : Répartition des participants selon le suivi des séances d'orthoptie durant T1 ...	176
Figure 63 : Répartition des participants selon la pratique d'un sport en club à l'année.....	177
Figure 64 : Répartition des participants sportifs selon leur type de sport pratiqué.....	178
Figure 65 : Répartition des sports pratiqués par les participants sportifs.....	178
Figure 66 : Présentation des scores à T0 en jongles.....	181
Figure 67 : Présentation des scores à T0 en sauts de corde.....	181
Figure 68 : Présentation des scores à T0 en dribbles main droite	181
Figure 69 : Présentation des scores à T0 en dribbles main gauche	182

Figure 70 : Présentation des scores à T0 en saisies de ballon au vol	182
Figure 71 : Présentation des scores à T0 en pose d'un pied dans un cerceau qui roule.....	182
Figure 72 : Comparaison à T0 jongles des groupes témoin et expérimental	184
Figure 73 : Comparaison à T0 des sauts de corde des groupes témoin et expérimental	184
Figure 74 : Comparaison à T0 des dribbles main droite des groupes témoin et expérimental	184
Figure 75 : Comparaison à T0 des dribbles main gauche des groupes témoin et expérimental	184
Figure 76 : Comparaison à T0 des saisies de ballon au vol des groupes témoin et expérimental	185
Figure 77 : Comparaison à T0 de la pose de pieds dans le cerceau des groupes témoin et expérimental	185
Figure 78 : Comparaison des résultats des jongles entre les groupes à T0 et à T2	191
Figure 79 : Comparaison des résultats des sauts de corde entre les groupes à T0 et à T2	191
Figure 80 : Comparaison des résultats des dribbles main droite entre les groupes à T0 et à T2	192
Figure 81 : Comparaison des résultats des dribbles main gauche entre les groupes à T0 et à T2	192
Figure 82 : Comparaison des résultats des saisies de ballon au vol entre les groupes à T0 et à T2	193
Figure 83 : Comparaison des résultats des poses de pieds dans un cerceau qui roule entre les groupes à T0 et à T2	193
Figure 84 : Taux de progression de la partie objective du test.....	194
Figure 85 : Taux de progression de la partie subjective du test	194
Figure 86 : Moyennes du nombre de mots lus au test de décodage	197
Figure 87 : Taux de progression des moyennes au test de décodage	197
Figure 88 : Moyennes des temps mis au test de décodage.....	199
Figure 89 : Taux de progression des moyennes des temps mis au test de décodage	200

Figure 90 : Taux de progression des moyennes des mots irréguliers lus sans erreur	202
Figure 91 : Taux de progression des moyennes des mots réguliers lus sans erreur	204
Figure 92 : Taux de progression des moyennes des pseudo-mots lus sans erreur	205
Figure 93 : Moyenne des MCLM au test de fluence	209
Figure 94 : Taux de progression des moyennes des MCLM.....	209
Figure 95 : Lissage des moyennes et des taux de progression des MCLM	211
Figure 96 : Moyennes des pourcentages des mots lus avec erreur.....	212
Figure 97 : Taux de progression des moyennes des MCLM par types de dyslexie.....	214
Figure 98 : Moyennes en expressivité.....	217
Figure 99 : Moyennes en phrasé	217
Figure 100 : Taux de progression des moyennes en expressivité	217
Figure 101 : Taux de progression des moyennes en phrasé.....	218
Figure 102 : Taux de progression des moyennes en expressivité par types de dyslexie.....	221
Figure 103 : Taux de progression des moyennes en phrasé par types de dyslexie	221
Figure 104 : Moyennes des types de réponses au test de compréhension.....	225
Figure 105 : Moyennes des réponses « Vrai »	226
Figure 106 : Taux de progression des moyennes des réponses « Vrai ».....	226
Figure 107 : Taux de progression des moyennes des réponses « Vrai » par types de dyslexie	228

Liste des abréviations, sigles et acronymes

ACT : Atelier de Compréhension de Textes

AESH : Accompagnant des Elèves en Situation de Handicap

APM : Aire PréMotrice

AMP : Aire Motrice Primaire

AMS : Aire Motrice Supplémentaire

APA : Association Américaine de Psychiatrie

BAL-A-VIS-X : BALance Auditory VISual eXercices

CE1 : Cours Elémentaire 1^{ère} année

CE2 : Cours Elémentaire 2^{ème} année

CIM : Classification Internationale des Maladies

CM1 : Cours Moyen 1^{ère} année

CM2 : Cours Moyen 2^{ème} année

CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique

CIFODEM : Centre International de Formation à Distance des Maitres

CP : Cours Préparatoire

DAMP : Déficit in Attention, Motor control and Perception

DSM : Manuel de Diagnostic et Statistique des troubles mentaux

ELFE : Evaluation de la Lecture en FluencE

EPS : Éducation Physique et Sportive

ERP : Event-Related Potential

QCM : Question à Choix Multiples

QI : Quotient Intellectuel

F : Faux, réponse fausse à une question

FE : Fonctions Exécutives

FNAME : Fédération Nationale des Associations des Maitres E

FNO : Fédération Nationale des Orthophonistes

GEVA : Guide d'EVALuation des besoins de compensation des personnes handicapées

GEVA-Sco : Guide d'EVALuation des besoins de compensation en matière de Scolarisation

GExp : Groupe Expérimental

GÉ : Groupe Étalon
GS : Grande Section de maternelle
GT : Groupe Témoin
IMC : Indice de Masse Corporelle
INSEP : Institut National du Sport de l'Expertise et de la Performance
IRM : Imagerie par Résonance Magnétique
IRMf : Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnel
MCLM : Mots Correctement Lus à la Minute
MCT : Mémoire à Court Terme
MLT : Mémoire à Long Terme
MDA : Maison Départementale de l'Autonomie
MDPH : Maison Départementale des Personnes Handicapées
MEG : Magnéto-EnCéphalographie
ODÉDYS : Outil de DÉpistage des DYSlexies
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
PE : Potentiel Évoqué
PET scan : Positrons Emission Tomography scanner
PF : Partiellement Faux
PIREF : Programme Incitatif de Recherche en Education et Formation
PV : Partiellement Vrai
RIS : Registre de l'Information Sensorielle
ROLL : Réseau des Observatoires Locaux de la Lecture
SNC : Système Nerveux Central
SNP : Système Nerveux Périphérique
SNS : Système Nerveux Somatique
STAPS : Sciences et Technique des Activités Physiques et Sportives
TAC : Trouble d'Acquisition de la Coordination
TDA/H : Trouble de Déficit de l'Attention avec ou sans Hyperactivité
TDC : Trouble Développementale de la Coordination
TEP : Tomographie par Émission de Positons

TSLO : Trouble Spécifique du Langage Oral

UFR : Unité de Formation et de Recherche

V : Vrai, réponse vraie à une question

VWFA : Visual Word Form Area

WAIS 4 : Wechsler Adult Intelligence Scale (version 4)

WFN : Word Fédération of Neurology

WISC 5 : Wechsler Intelligence Scale for Children (version 5)

WPPSI 4 : Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence (version 4)

INTRODUCTION

En France, l'apprentissage formel de la lecture s'effectue en classe de cours préparatoire, ce qui correspond à la 1^{ère} année de l'école élémentaire. Les élèves ont six à sept ans d'âge chronologique, âge estimé où leur maturité est suffisante pour apprendre à lire. Pour autant, nous sommes conscients que le processus d'apprentissage de la lecture débute de manière implicite dès l'école maternelle en développant des habiletés langagières et cognitives indispensables pour accéder à la lecture. Nous précisons également que son enseignement se poursuit en cours élémentaire 1^{ère} année, classe qui permet la continuité et la consolidation des apprentissages. Pour autant, certains élèves entrant en cours élémentaire 2^{ème} année présentent encore des difficultés pour lire. Il peut s'agir d'un retard de lecture dû à un environnement familial peu stimulant, une scolarisation peu assidue, ou encore à un âge mental de l'enfant légèrement en deçà de son âge chronologique. Dans ces cas de figure, il faudra juste laisser à l'élève plus de temps pour qu'il réussisse à maîtriser¹ l'acte de lire; il sera alors qualifié de lecteur tardif. Cependant, même avec une durée d'apprentissage plus longue, certains enfants ne parviennent pas à lire. Ainsi quand les difficultés persistent, un diagnostic de dyslexie développementale peut être annoncé.

Afin de nous rendre compte de l'étendu du nombre d'élèves dyslexiques en France, nous indiquons quelques pourcentages issus de la littérature explorée. Sans avoir effectué d'études épidémiologiques, Habib suggérait en 1997 qu'il y en avait entre 5 et 10 %, alors que Valdois en 2000 les estimait entre 3 et 6 % (cités par Écalle et Magnan, 2021). En 2013, d'autres chercheurs avançaient un pourcentage entre 0,36 et 1, enfants et adolescents confondus (Sprenger-Charolles et Cole, 2013). Plus récemment, le chiffre de 8 à 10 % était annoncé (Tous à l'école, 2015). Enfin dernièrement, la prévalence de la dyslexie a été estimée à 5 %, soit un ou deux élèves par classe (Colé et Sprenger-Charolles, 2021, p. 16). Nous nous rendons compte que dans notre pays les pourcentages exprimés d'élèves dyslexiques varient et qu'il n'y a pas de consensus trouvé entre les chercheurs. En effet, les résultats sont fonction des critères pris en compte dans la définition. Et même si les scientifiques sont censés utiliser les critères de définition du manuel de diagnostique et de statistique des troubles mentaux (DSM-5), reconnu internationalement, les pourcentages sont également variables d'un pays à un autre. Cette différence pourrait s'expliquer par les difficultés de la langue elle-même. De surcroît, les

¹ Nous précisons que tout au long de cette thèse, nous utilisons la nouvelle orthographe de 1990.

pourcentages énoncés ci-dessus sont très certainement sous-estimés, comme nous le fait entendre une enquête ministérielle de 2000. Effectivement, celle-ci nous dévoile que 4,3 % d'enfants de sixième font « des erreurs équivalentes dans leur nature à celles des enfants présentant une dyslexie, qu'elle soit phonologique ou de surface » (Op.cit. 2021, p. 13). Ce résultat nous laisse à penser que certains élèves en difficulté de lecture n'ont pas tous été diagnostiqués dyslexiques, et que par conséquent le pourcentage de dyslexiques devrait être plus élevé.

Aujourd'hui, quels sont les moyens d'aider les élèves dyslexiques ? Usuellement, ces derniers réalisent des séances d'orthophonie afin de rééduquer leur système langagier : les difficultés du jeune étant souvent portées sur le versant linguistique et plus précisément phonologique. Cependant, en sus de la dyslexie d'autres troubles associés peuvent se manifester chez le sujet dyslexique, comme celui du trouble développemental de la coordination. Or, des points communs sont constatés entre ces deux troubles, d'une part dans leur étiologie respective (cf. le chapitre 2), et d'autre part dans leurs structures et leurs fonctionnements cérébraux (cf. le chapitre 4).

Ainsi, ce constat d'éléments communs en nombre, nous amène à nous interroger autrement sur le problème de la non acquisition de la lecture chez les personnes dyslexiques : ne pourrions-nous pas utiliser le trouble associé pour atteindre le trouble premier ? Un travail sur le trouble secondaire ne pourrait-il pas améliorer le trouble principal ? Par conséquent, en rapprochant ces deux questions à notre problématique, nous nous demandons si la coordination motrice permettrait d'améliorer la lecture d'une personne dyslexique ? Nous prendrons en compte, bien évidemment, les compétences de décodage, de fluence et de compréhension qui conditionnent le niveau lecture d'un individu. De fait, notre hypothèse recadrée dans notre contexte scolaire se propose d'être ainsi :

« La prise en compte de l'intégralité des composantes coordinatives améliorerait le niveau de lecture des enfants dyslexiques en école élémentaire. » C'est ce que nous chercherons à confirmer ou à infirmer à la suite de notre expérimentation à partir de l'obtention du recueil de données. De plus, en détaillant les résultats obtenus nous pourrons répondre à quatre sous-hypothèses :

1. « La coordination motrice améliorerait le décodage en lecture des enfants dyslexiques en école élémentaire. »,

2. « La coordination motrice améliorerait la fluence de lecture des enfants dyslexiques en école élémentaire. »,
3. « La coordination motrice améliorerait la compréhension de lecture des enfants dyslexiques en école élémentaire. »,
4. « La coordination motrice améliorerait plus favorablement le niveau de lecture des dyslexiques visuo-perceptuels plutôt que les phonologiques. »

Pourquoi l'écriture de cette thèse et le besoin d'éprouver une réponse à nos hypothèses ? Tout d'abord, au vu du nombre de personnes dyslexiques, nous comprenons que le trouble de la dyslexie est un problème de santé publique ; ce dernier met en lumière la pertinence sociale de nos décideurs. Celle-ci apparaît également du côté des praticiens. En effet, les enseignants sont à la recherche d'outils pour aider les élèves en difficulté de lecture. Pour ma part, j'exerce le métier de professeure des écoles et je suis parfois sans réponse face à des élèves dyslexiques. Quant aux parents, ils cherchent des solutions autres que l'orthophonie, prêts à accepter de nouvelles alternatives. Pour autant, nous précisons également l'existence d'une pertinence scientifique à notre recherche. En effet, nous n'avons pas trouvé d'études comparables à celle-ci mettant en place des exercices spécifiques de coordination motrice, cherchant à améliorer la lecture d'élèves dyslexiques. Toutefois, une méthode nommée Mélodys s'approche de notre étude puisqu'elle propose une pédagogie musicale mettant en place un entraînement à la musique dans le but d'améliorer les fonctions cognitives des enfants « dys » et d'obtenir un effet bénéfique sur les troubles d'apprentissages.

Par ailleurs, des auteurs reconnaissent l'indispensabilité pour les jeunes de jouer et de se mouvoir pour évoluer cérébralement et intellectuellement. Michelet en 1999 affirme : « C'est en jouant que l'enfant acquiert les habiletés corporelles et intellectuelles. » (cité par Malfois, 2006, p. 21) et Cazorla déclare : « L'enfant, comme l'adolescent, a besoin de mouvements pour se construire. » (2014, p. 13). Avec plus de précision d'autres chercheurs soutiennent l'existence d'une relation d'impact entre le mouvement et le cerveau, en prônant l'idée que c'est le premier cité qui façonne le deuxième. En effet, Pauly soutient que : « C'est le mouvement qui fait évoluer notre cerveau et non l'inverse, il est notre premier enseignant et le plus naturel. » (2019, p. 19), quand treize ans plus tôt Dennison certifiait déjà que la plasticité de notre cerveau n'était limitée que par notre immobilité et que ce dernier se formait grâce aux expériences faites de nos chairs (2006). D'autres auteurs ont enrichi avec plus d'exactitudes quel aspect du mouvement peut avoir des répercussions sur la partie cognitive et intellectuelle du sujet. Effectivement, ils nomment la coordination comme un maillon essentiel à ce développement.

Yan affirme : « Une grande expérience du mouvement, en particulier des aptitudes et des facultés de coordination variées, offre bien des avantages pour le développement sensoriel, psychique, cognitif et corporel. » (1998) et Pauly indique : « Le mouvement précède toutes formes d'apprentissage et l'organisation de la posture et de la coordination sont des fondements incontestables de notre développement physique, intellectuel et social. » (Ibid 2019, p. 24). Enfin, Dennison particularise davantage le type de mouvement en parlant de coordination par des mouvements croisés, puis la destination du public à savoir les personnes dyslexiques : « Le travail de la coordination par l'intermédiaire de mouvements croisés permet de rétablir les connexions cérébrales. Celui-ci s'avère très efficace pour la rééducation des personnes atteintes de dyslexie. » (Op.cit. 2006). Ainsi, toutes ces citations proposées de la plus générale à la plus proche de notre objet de recherche, nous laisse à penser que le programme moteur de notre protocole expérimental, composé d'exercices spécifiques de coordination motrice, pourrait faire évoluer nos participants dyslexiques dans le domaine cérébral mais pas uniquement. Ces évolutions pourraient avoir un impact sur leurs apprentissages et notamment en lecture. C'est ce que nous chercherons à confirmer ou infirmer dès l'exploitation du recueil des données.

Voici à présent l'organisation de cette thèse. Le plan général se compose en sept chapitres. Les quatre premiers constituent le cadre théorique et les trois derniers le cadre empirique. Il s'ensuit une conclusion.

Le chapitre 1 vise à expliquer le concept de la lecture. Il comprend quatre volets. Le premier détermine les composantes de la lecture ; leurs connaissances nous permettent de définir précisément le moment où l'on peut affirmer qu'une personne sait lire. Le deuxième volet permet de comprendre les mécanismes cognitifs utilisés lors de l'apprentissage de la lecture. Les deux suivants détaillent les fonctions cognitives nécessaires à l'individu pour que celui-ci soit en mesure de lire et montrent toutes leurs interactions. Ainsi, le développement de ce chapitre nous atteste du caractère complexe du processus de lecture.

Le cadre des connaissances se poursuit dans le chapitre 2 consacré au concept de dyslexie développementale. Dans l'ordre, nous définissons la dyslexie avec une grande précision, puis nous découvrons qu'elle est plurielle, entraînant chez chacune d'elle des difficultés de lecture différentes. Ensuite, nous cherchons à comprendre les causes du développement de ces dyslexies en réalisant un tour d'horizon des hypothèses étiologiques recensées dans la littérature explorée. A la suite, nous citons les comorbidités à la dyslexie en développant plus

particulièrement les troubles moteurs et en nous attardant encore plus précisément au trouble associé de la coordination, objet de notre thèse. Enfin, nous présentons un rapprochement étiologique entre les troubles développementaux de la coordination et de la dyslexie, ce qui nous permet d'observer l'existence de plusieurs causes communes. Ainsi, ce chapitre nous permet de circonscrire les troubles de la dyslexie et de la coordination tout en les rapprochant dans le but d'éclairer notre première hypothèse et ses quatre sous-hypothèses.

Le chapitre 3 étudie le concept de coordination motrice en déployant cinq sections. La première permet d'en obtenir une définition exhaustive. La deuxième dévoile que la coordination motrice est constituée de plusieurs composantes coordinatives, elle les décrit et les explique. Les deux suivantes proposent une représentation fonctionnelle d'une action motrice simple puis complexe coordonnée et nous amène à admettre l'existence d'activités internes en sus des réponses motrices externes visibles. Enfin, la dernière section nous indique que nous ne sommes pas tous égaux face à un acte moteur coordonné car des facteurs extérieurs et intérieurs à la personne peuvent freiner ou limiter la coordination motrice. Ainsi, toutes les informations réunies dans ce chapitre nous seront utiles dans la précision du choix des tâches expérimentales, mais également lors de l'écriture de la discussion.

Le chapitre 4, dernier cadre des connaissances, se focalise sur l'activation de différentes régions cérébrales et de leur mécanisme en situation de lecture et de coordination motrice. Il se compose de cinq volets. Le premier nous renseigne sur les constituants du système nerveux central, connaissances indispensables pour s'approprier la suite du chapitre. Le deuxième détaille les circuits neuronaux de la lecture chez un normo-lecteur depuis la reconnaissance visuelle des traits des lettres jusqu'à la lecture des mots à voix haute. Le troisième identifie les divergences qu'il peut exister dans cette même activité chez une personne dyslexique, engendrant ainsi des obstacles pour lire. Le volet suivant décrit les circuits neuronaux utilisés lors d'un mouvement de coordination motrice. Fort de ces informations, ces dernières permettent l'ouverture du cinquième volet qui porte sur les analogies structurelles et fonctionnelles recensées en situation de lecture et de coordination motrice. Ainsi, ce chapitre identifie des points communs dans les outils et les mécanismes cérébraux lors d'une activité de lecture et de coordination motrice. Il nous permet d'éclairer notre hypothèse.

Le chapitre 5 est réservé à l'expérimentation et se développe selon sept sections. La première explique le type de protocole mis en place, dit quasi-expérimental. La deuxième décrit l'échantillonnage en détaillant la population retenue, les critères d'inclusion et d'exclusion, le

mode de recrutement et la codification utilisée. La troisième explique l'organisation générale du protocole en indiquant le lieu et les dates de l'expérimentation ainsi que les matériels utilisés. Ensuite, la section suivante explicite les instruments de mesure en décrivant tout d'abord les tests d'essai réalisés en motricité et en lecture, puis en exposant précisément ceux réellement retenus pour le protocole. La cinquième section développe minutieusement le programme moteur que nous justifions dans la section qui suit. Enfin, nous proposons une synthèse de notre expérimentation dans la dernière section.

Le chapitre 6 est consacré à la description et à l'analyse des résultats selon trois volets. Le premier décrit de manière exhaustive les caractéristiques de notre échantillon afin de présenter très en détail la composition des différents groupes. Le deuxième décrit et analyse les résultats du test de coordination et ceux des tests de lecture. Enfin, le dernier volet propose une synthèse des analyses des différents tests.

Le chapitre 7 se développe selon cinq sections. La première est une entrée en matière à notre discussion. La deuxième présente la discussion de nos résultats et tente de répondre à notre hypothèse et à nos quatre sous-hypothèses qui sont pour rappel :

Hypothèse :

La prise en compte de l'intégralité des composantes coordinatives améliorerait le niveau de lecture des enfants dyslexiques en école élémentaire.

Sous hypothèses :

- a/ La coordination motrice améliorerait le décodage en lecture des enfants dyslexiques en école élémentaire.
- b/ La coordination motrice améliorerait la fluence de lecture des enfants dyslexiques en école élémentaire.
- c/ La coordination motrice améliorerait la compréhension de lecture des enfants dyslexiques en école élémentaire.
- d/ La coordination motrice améliorerait plus favorablement le niveau de lecture des dyslexiques visuo-perceptuels plutôt que les phonologiques.

La troisième section de ce chapitre 7 expose une critique méthodologique. La suivante énonce les forces et les limites de notre étude. Quant à la dernière, elle propose des perspectives à notre recherche.

Pour terminer, la conclusion clôture les parties théorique et empirique. Elle décrit les retombées professionnelles et personnelles que nous pouvons tirer de l'écriture de cette thèse, ainsi que sa contribution au plan scientifique. Enfin, elle nous rappelle les résultats obtenus et ouvre sur des pistes de réflexion.

CHAPITRE 1 : LES PRÉREQUIS DE L'ACTE DE LIRE

La lecture est rendue possible lorsque son apprentissage est abouti et que l'acte de lire est maîtrisé. Mais comment atteindre ce niveau qui permet au lecteur d'affirmer qu'il sait lire ? Et d'ailleurs que veut dire savoir lire ? Qu'est-ce que le lecteur met en place et quels moyens possède-t-il pour y parvenir ? Pour répondre à toutes ces questions et au regard de la littérature explorée, nous proposons dans ce premier chapitre de décrire les composantes de la lecture, d'expliciter les différentes stratégies et voies de lecture, et également de préciser les fonctions cognitives usitées en situation de lecture.

1.1 Qu'est-ce que lire ?

La lecture n'est pas seulement une affaire de déchiffrage de mots mais également de sens de ce qui est lu. Ainsi, lire est une activité cognitive qui met en jeu simultanément l'identification des mots écrits et la compréhension des mots lus. Ces deux compétences sont nécessaires pour devenir un lecteur efficace. Gough et Tunmer ont proposé une formule mathématique montrant que la lecture est le produit de deux composantes : $L = R \times C$; R pour la reconnaissance des mots et C pour la compréhension (1986). Plus tard, Hoover et Gough ont mis en avant une autre équation pour définir la lecture : $L = D \times CO$; D pour le décodage et CO pour la compréhension orale (1990). Ces deux définitions de la lecture se rejoignent fortement, et c'est à partir de celles-ci que je vais développer les paramètres qui entrent en jeu dans ces composantes, pour détailler les critères indispensables à la lecture.

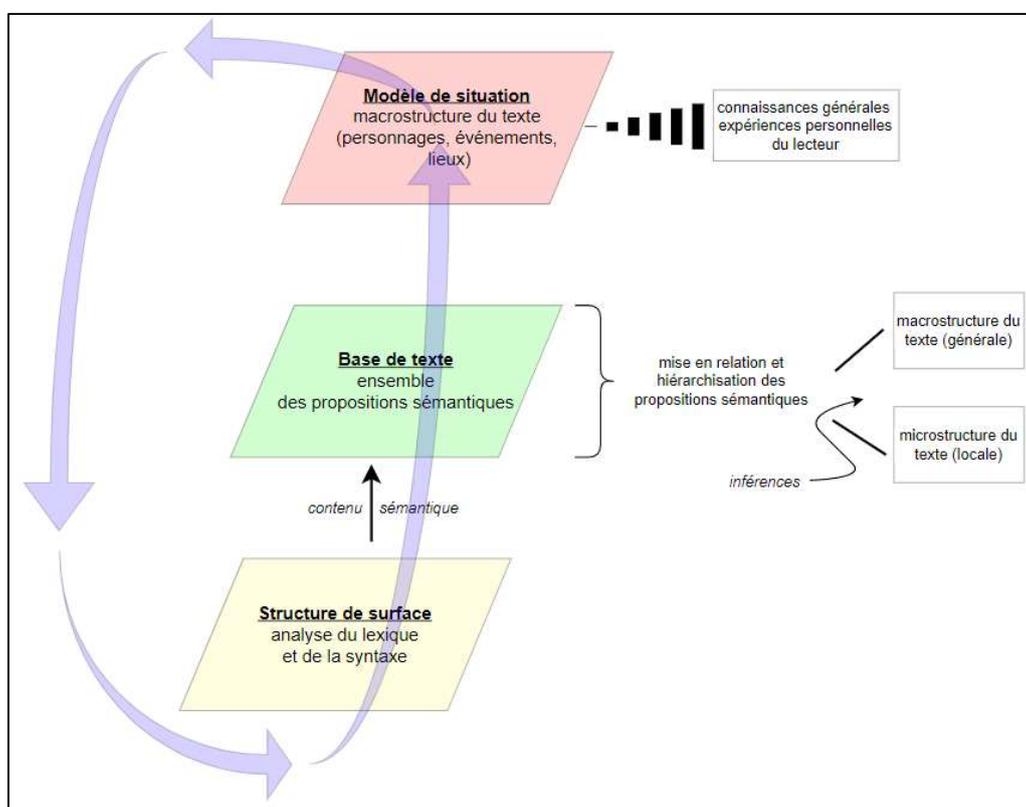
La première grande composante de la lecture est la reconnaissance des mots écrits qui se réalisent tout d'abord par un processus de décodage. C'est par l'intermédiaire des correspondances graphèmes-phonèmes qui constituent les lettres et les sons, que l'apprenti lecteur déchiffre les mots. Puis, avec une fréquence de lecture suffisante, le lecteur développe une automatisation du décodage. Ceci entraîne une mémorisation de mots entiers qui lui forment un répertoire de mots disponibles. Par conséquent, ce dernier n'a plus besoin de passer par le décodage pour les lire. Cette automaticité va permettre d'obtenir une lecture fluide. De plus, elle va diminuer une partie du coût cognitif, celle liée au décodage, libérant ainsi une partie de l'attention qui pourra se focaliser sur d'autres critères telle que la compréhension.

La seconde grande composante de la lecture est la compréhension. Les compréhensions orale et écrite sont des maillons primordiaux pour lire. En effet, même si un individu sait déchiffrer mais ne comprend pas ce qu'il lit, alors il ne sera pas catégorisé « lecteur ». Diverses raisons peuvent expliquer les difficultés de compréhension. La première peut être un déficit de vocabulaire. Effectivement, il y a une importance à ce que le sujet possède une quantité et une qualité de vocabulaire pour qu'il comprenne le texte lu. Ensuite, la compréhension implique la signification de mots ou de tournure de phrases implicites. Autrement dit, le lecteur doit être en mesure d'interpréter les inférences dans ce qu'il lit, afin de déduire et de comprendre la partie du texte non explicite. De surcroît, la compréhension mobilise des connaissances grammaticales telles que la syntaxe et la morphologie des mots. En effet, l'organisation syntaxique et le discernement de morphèmes sont des notions importantes qui jouent un rôle dans la compréhension de ce qui est lu. Par ailleurs, comprendre un texte demande au lecteur de savoir lier les idées du document avec ses connaissances antérieures et ses expériences personnelles. Ainsi, l'interaction entre les données du texte et le bagage du lecteur est un facteur important dans la compréhension. Enfin, le lecteur doit posséder des capacités de mémorisation telles qu'une mémoire de travail pour mettre en relation ce qu'il vient de lire, et une mémoire à long terme pour relier ses propres connaissances avec celle du texte. Ceci permettra également au sujet de se créer des représentations mentales au fur et à mesure de sa lecture. Ces images mentales sont nécessaires à la notion de compréhension.

À présent, afin d'appréhender plus finement comment un lecteur parvient à comprendre ce qu'il lit, nous proposons d'étudier le modèle de compréhension de textes de Van Dijk et Kintsch qui date de 1983 et qui explicite les mécanismes mis en action. Ce modèle est de type constructiviste où l'individu construit son savoir par ses propres activités. Les auteurs estiment que la compréhension de textes est une activité de construction de sens fondée sur des mécanismes de stratégies. Cette construction résulte de relations réciproques entre le lecteur et le texte. Elle se réalise de par le traitement d'informations qui présente une capacité limitée, d'où le fait que le texte soit compris séquentiellement grâce à la répétition de cycles de traitement. Ce mécanisme cyclique qui s'effectue par étapes, ces dernières formant des strates de représentation, exprime des niveaux de compréhension. Ainsi, la représentation du contenu d'un texte présente trois couches. La première est appelée « structure de surface » où le lecteur analyse le lexique et la syntaxe de ce qu'il lit. Elle sert de fondation pour en dégager le contenu sémantique des informations textuelles. Dans une deuxième couche, ce contenu intègre « la base de texte » qui contient l'ensemble des propositions sémantiques lues ou inférées durant la

lecture. Ainsi, la base de texte considère les éléments et les relations du texte. Elle permet de mettre en lien et de hiérarchiser les différentes propositions. La compréhension du contenu sémantique est hiérarchisée sur deux niveaux : la microstructure qui correspond à la structure locale et la macrostructure qui est la structure générale. Enfin, une troisième couche nommée « modèle de situation » correspond à la macrostructure du texte qui donne des indications globales tels que les personnages, les événements, les lieux. A ce niveau, les connaissances générales du lecteur et ses expériences personnelles entrent en jeu, plus elles sont importantes plus la compréhension est approfondie. Nous schématisons ci-après le modèle de Van Dijk et Kintsch afin d'en avoir une vision globale.

Figure 1: Une schématisation du modèle de Van Dijk et Kintsch



(Production de l'auteur)

Enfin, nous ajoutons que la compréhension d'une phrase ou d'un texte est fonction de l'analyse des graphèmes par le lecteur. En effet, les logogrammes et les morphogrammes entrent en compte dans le traitement du sens et dans l'accès à la compréhension. Les logogrammes, comme « a/à » que l'on lit comme un logo, permet juste par la vue de l'accent de savoir s'il s'agit du verbe avoir ou de la préposition, et par conséquent de donner une signification différente au mot et donc à la phrase. La présence de l'accent ou pas permet

d'accéder directement au sens. Les morphogrammes, comme ceux qui marquent les accords en genre et en nombre ou encore une temporalité verbale comme « ami/amie, mangez/mangerez », servent à transcrire du sens. Ainsi, quand le lecteur lit une phrase ou un texte il passe par le traitement des logogrammes et des morphogrammes pour la compréhension de ce qu'il lit.

Dans cette section nous constatons que la lecture est une activité complexe qui demande la mise en place de plusieurs compétences cognitives. Le décodage et la compréhension en sont les chefs de rang mais comme nous l'avons montré ci-dessus d'autres en découlent. Toutes ces compétences sont étroitement liées et interagissent ensemble. Ainsi, lire ce n'est pas deviner des mots mais c'est bien une activité conscientisée qui demande un apprentissage répétitif mais aussi des capacités cognitives et des compétences multiples pour devenir un lecteur expert. De fait, cette nécessité d'un apprentissage pour savoir lire rejoint la section qui suit où nous proposons d'explicitier les différentes stratégies et voies de lecture.

1.2 L'apprentissage de la lecture

Le lecteur dans son apprentissage va combiner divers moyens et procédures pour atteindre son but de savoir lire. Voyons ci-dessous quels sont les différentes stratégies et voies qui lui sont possibles d'usiter.

1.2.1 Les différentes stratégies de lecture

L'apprenti lecteur utilise différentes stratégies pour devenir un lecteur confirmé. Ces dernières sont toutes nécessaires afin d'obtenir une maîtrise parfaite de la lecture. Or, selon certains scientifiques des phases seraient successives, alors que pour d'autres elles s'entrecroiseraient rendant chacune d'elles plus efficaces et par conséquent entraînant un processus de lecture plus profitable. Les trois premières phases citées ci-dessous sont considérées comme consécutives, avec un ordre obligatoirement sériel (Frith, 1985), alors qu'un autre modèle présente les phases 2 et 3 en parallèle (Coltheart, 1978), et plus tard une autre représentation (Seidenberg et Mc Clelland, 1989) donne une place à part entière au sémantique. Voyons dans cette rubrique les différentes phases existantes.

1.2.1.1 La phase logographique.

Le mot « logographique » se compose du préfixe « logo » signifiant « parole, discours », puis du radical « graph » qui vient du grec « grapho » voulant dire « écrire », et du suffixe adjectival « ique » annonçant « une relation à ». Cette dernière partie du mot permet la formation de l'adjectif « logographique » qui vient du mot grec « logographe » dont la première signification apparaît comme « prosateur, écrivain de prose, de discours » (CNRTL, s. d.-g). Aujourd'hui, cet adjectif « logographique » renvoie à l'écriture.

Durant cette phase, l'individu identifie le mot de manière globale comme si ce dernier était une image. Il reconnaît le mot par rapport à sa forme générale, à ses contours, à sa longueur, à ses hampes et n'a pas conscience qu'il y a ici une succession de lettres. Cette étape qui est la première, apparaît dès que l'enfant est en contact avec le langage écrit. Il identifie le mot entier à force de le voir. C'est par exemple un mot qu'il pourrait rencontrer régulièrement dans la rue, comme le panneau de signalisation « STOP », ou encore le mot « Nutella® » qu'il pourrait observer chaque matin sur la table au petit déjeuner. Cet apprentissage direct se réalise donc préalablement à l'apprentissage des correspondances graphèmes-phonèmes appelées aussi grapho-phonémique, puisque le mot est mis en mémoire en entier sans passer par les correspondances lettres et sons. L'enfant dans ce cas apprend tout seul sans l'intervention de l'adulte.

1.2.1.2 La phase alphabétique.

Le mot « alphabétique » est composé du radical « alphabet » qui vient du latin « alphabetum », issu du grec ancien « alphabêtos » formé à partir des deux premières lettres de l'alphabet grec « α : alpha » et « β : bêta », et du suffixe adjectival « ique ». Cet adjectif est défini comme relatif à l'alphabet (CNRTL, s. d.-a).

Durant cette phase, l'enfant établit des correspondances entre l'écrit et l'oral. Ainsi, grâce à l'écriture l'élève va distinguer des formes visuelles (lettres, groupes de lettres, syllabes) et leur faire correspondre des sons. Il convertit donc les graphèmes en phonèmes. On parle alors de médiation phonologique pour cette correspondance grapho-phonémique. Néanmoins, à ce stade l'apprenti lecteur n'a pas encore la possibilité de lire des mots irréguliers, comme par exemple les termes « femme » et « monsieur ».

Lors de cette phase, qui est primordiale pour l'apprentissage de la lecture, le sujet a besoin de mutualiser plusieurs compétences :

Tout d'abord, il doit posséder une conscience phonologique capable d'identifier, de segmenter et de combiner les composantes sonores du langage. En effet, la conscience phonologique est définie comme l'aptitude à se représenter la langue orale comme une séquence d'unités ou de segments tels que la syllabe, la rime et le phonème. Vers 4 ans, la conscience phonologique apparaît comme intuitive. L'enfant joue avec les mots de manière non consciente sans contrôle intentionnel, avec un traitement épiphonologique, c'est ce qu'appellent, Giasson et Vandecasteele (2012), la conscience phonologique primaire. Puis, vers cinq six ans, la conscience phonologique devient réflexive, le sujet utilise la métacognition pour jouer avec les mots, il utilise un traitement métaphonologique. Ceci se met en place grâce à un enseignement plus formel. Si l'on reste sur des tâches de syllabe et de rime, nos deux auteurs nomment toujours cela la conscience phonologique primaire. Or, sur des tâches de manipulation de phonèmes avec un traitement métaphonologique, alors elles parlent de conscience phonologique secondaire ou encore de conscience phonémique. Ainsi, cette notion de conscience phonologique a un rôle fondamental pour apprendre à lire. Certains chercheurs affirment qu'elle est un prédicteur pour l'apprentissage de la lecture (Demont et Botzung, 2003; Castles et Coltheart, 2004; Shanahan et Lonigan, 2010).

Ensuite, une seconde compétence doit être développée par l'apprenti lecteur. Il doit être capable d'établir des liens entre des formes visuelles et des formes sonores afin de mettre en correspondance les graphèmes et les phonèmes, c'est ce qu'on appelle l'apprentissage du code alphabétique. Mais pour cela, il faut en amont que le sujet ait compris les principes alphabétiques de la langue tels que la lecture de gauche à droite puis de haut en bas, l'espacement entre les mots, la connaissance des lettres et du son qu'elles chantent, ou encore la signification de la ponctuation comme par exemple le point.

Enfin, une troisième compétence doit être présente dans cette phase. Le sujet doit savoir utiliser des procédures analogiques, c'est-à-dire de reconnaître des similitudes orthographiques entre les mots (« ça commence comme », « ça se termine comme »). Ainsi, l'individu met en relation ce qu'il connaît déjà avec ce qui lui est inconnu. Ce processus par analogie implique des activités cognitives de comparaison et de mémorisation. Il va permettre à l'enfant de décoder des mots nouveaux.

1.2.1.3 La phase orthographique.

Le mot « orthographique » vient du latin « orthographia » qui se traduit par « façon correcte d'écrire », lui-même issu du grec ancien « orthographía » composé du préfixe « orthós » signifiant « droit » et de « graphein » voulant dire « écrire » . Le suffixe « ique » permet la formation de l'adjectif « orthographique » qui est relatif à l'orthographe (CNRTL, s. d.-h).

A partir de l'acte d'assemblage du stade alphabétique, l'apprenti lecteur va former des mots et ainsi se créer un lexique orthographique. Dorénavant, chaque mot sera reconnu comme une entité. Le stockage en mémoire de mots entiers va permettre de lire directement, automatiquement des mots réguliers et irréguliers déjà rencontrés plusieurs fois. Cette étape se déroule de manière concomitante à l'acquisition de l'écriture. D'ailleurs, cette dernière joue un rôle important car la mémoire du geste permet de renforcer la trace mnésique. Elle s'ajoute à la mémoire visuelle.

1.2.1.4 La phase sémantique.

Le mot « sémantique » vient du grec ancien « sêmantikós » défini par « qui signifie, qui indique, qui fait connaître » (CNRTL, s. d.-k). Le suffixe « ique » permet la formation de l'adjectif qui est relatif à la signification d'un mot, à son sens.

Cette phase sémantique nous permet de lire des mots qui s'écrivent de la même manière mais qui se prononcent distinctement. Le sujet doit utiliser le sens de la phrase pour lire judicieusement ces deux mots identiques en les oralisant différemment. Comme dans l'exemple suivant où le mot « fils » se lit d'abord [fis] puis [fil] : « Mon fils a cassé les fils de son casque audio ». Ainsi, une compréhension du contexte ou une certaine logique est donc nécessaire pour réaliser ce traitement sémantique.

Dans cette rubrique nous avons détaillé les différentes phases de lecture existantes. Celles-ci vont permettre la mise en place progressive de deux voies de lecture qui font l'objet du développement de la rubrique suivante.

1.2.2 Les différentes voies de lecture

Il existe deux voies de lecture qui peuvent être utilisées par un individu. Ainsi, deux possibilités s'offrent à lui pour identifier les mots qu'il rencontre. Pour ce faire, il utilise deux

procédures, l'une indirecte, l'autre directe, que l'on nomme respectivement les voies d'assemblage et d'adressage (Coltheart, 1978). C'est ce que nous explicitons dans les deux rubriques suivantes.

1.2.2.1 La voie d'assemblage.

La voie d'assemblage se nomme également la voie phonologique, ou encore la voie indirecte. Elle utilise une procédure analytique. C'est à partir d'une analyse visuelle du mot qu'il y a une conversion des graphèmes en phonèmes. Le graphème est une lettre ou un groupe de lettres qui transcrit un phonème, ce dernier étant tout son ou bruit du langage parlé. Le décodage des graphèmes va permettre d'identifier ces lettres ou groupes de lettres pour les convertir en sons, pour ensuite les assembler afin de lire la totalité du mot. Le lecteur devra donc reconnaître chacune des lettres, faire correspondre leur son et les assembler, avant de pouvoir donner une signification au mot lu. Il y aura donc un assemblage des syllabes à partir des phonèmes qui la constituent, d'où son nom de voie d'assemblage. Compte tenu de l'acte de déchiffrement, cette procédure engendre une lenteur dans la lecture qui peut nuire à la compréhension.

Cette voie de lecture renvoie à la phase alphabétique des différentes stratégies de lecture développées plus haut. Ce processus est utilisé par les apprentis lecteurs, mais également chez les lecteurs confirmés pour lire des mots nouveaux et des non-mots. Par contre, elle ne permet pas de lire des mots irréguliers. Enfin, elle présente un avantage au niveau de la mémoire puisqu'elle ne sature pas ses capacités de stockage. Nous présenterons un récapitulatif des caractéristiques de cette voie d'assemblage dans le tableau 1.

1.2.2.2 La voie d'adressage.

La voie d'adressage se nomme également la voie lexicale, ou encore la voie directe. Contrairement à la voie d'assemblage, le lecteur ne fait pas appel à la conversion phonologique et les mots sont lus directement d'où son nom de voie directe. Chaque mot est considéré comme une unité orthographique. Pour réaliser cette tâche cognitive, le sujet a recours à un lexique interne ou lexique mental qui se forme en mémoire à force de rencontrer les mêmes mots. Ces mots connus se rangent comme dans un carnet d'adresse. Ainsi, le lecteur s'adresse directement au mot stocké dans ce lexique orthographique, d'où son nom de voie d'adressage. Par

conséquent, la lecture est plus rapide, elle se fait de manière automatique et permet de libérer l'attention du lecteur au profit du sens.

Cette voie de lecture renvoie à la phase orthographique des différentes stratégies de lecture développées plus haut. Ce processus est utilisé par les lecteurs experts puisqu'il faut une quantité suffisante d'entraînement de lecture pour rencontrer plusieurs fois le même mot, afin de pouvoir l'enregistrer dans la mémoire à long terme. Par ailleurs, cette procédure permet de lire aisément les mots irréguliers, puisque le lecteur ne passe plus par le décodage mais les a enregistrés entièrement, par contre elle empêche ou limite la lecture de mots nouveaux. Nous proposons le tableau 1 qui récapitule les composantes de la voie d'adressage et qui permet de les comparer à celles de la voie d'assemblage.

Tableau 1 : Les différentes voies de lecture

	La voie d'assemblage	La voie d'adressage
Autres appellations	voie phonologique voie indirecte	voie lexicale voie directe
Procédure	analytique	globale
Méthode	décodage conversion des graphèmes en phonèmes assemblage des syllabes	mémorisation de mots comme unité orthographique création d'un lexique interne
Spécificités	lecture lente et hachée	lecture rapide et automatique libérant l'attention au profit du sens
Lecture	mots réguliers, mots nouveaux, pseudo-mots	mots irréguliers
Mémoire	pas de saturation des capacités de stockage	long terme
Lecteur	apprenti	expert

(Production de l'auteure)

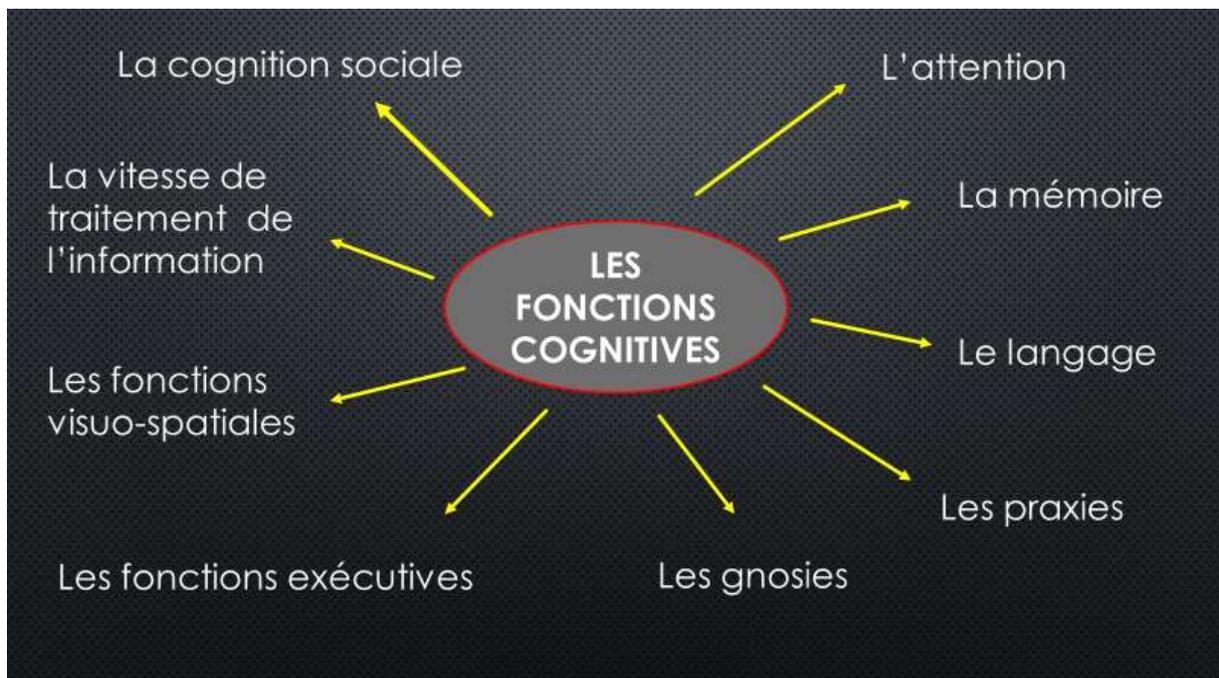
Dans cette section, nous avons exploré les mécanismes cognitifs qui permettent l'identification des mots grâce aux deux voies de lecture, mais également comment ces

procédures se mettent en place par l'intermédiaire de différentes phases. Or, pour que celles-ci s'établissent, le lecteur a besoin d'être pourvu de certaines fonctions cognitives. C'est ce que nous exposons dans la section suivante en développant celles utilisées en situation de lecture.

1.3 Les fonctions cognitives nécessaires à la lecture

La lecture effectuée par un lecteur expert nous permet de constater que lire est une activité facile : sa lecture est rapide, fluide, automatique et comprise par lui-même. Pourtant, il n'en demeure pas moins que cette tâche fait intervenir une pluralité de fonctions cognitives qui doivent se mettre en place et interagir entre elles afin d'arriver au résultat d'une lecture et d'une compréhension parfaites. En effet, lors d'une activité quelle qu'elle soit, chaque individu utilise une panoplie de processus mentaux appelés des fonctions cognitives (Bruner, 1956; Miller et al., 1960). Ces différentes capacités de notre cerveau nous permettent entre autres de bouger, nous concentrer, raisonner, communiquer, percevoir, inhiber, nous autoréguler, accumuler des connaissances, orienter notre attention, nous exprimer, imaginer mentalement, s'orienter. A partir de mes lectures, je propose dans la figure 2 de visionner les fonctions cognitives dans leur ensemble.

Figure 2 : Les différentes fonctions cognitives



(Production de l'auteure)

Nous constatons qu'il existe plusieurs fonctions cognitives. Elles sont au nombre de neuf. Dans les rubriques suivantes, nous effectuons un zoom grossissant sur ces différentes fonctions cognitives présentées en figure 2, en les détaillant plus particulièrement lorsqu'un individu est en situation de lecture.

1.3.1 L'attention

Lire sollicite des processus attentionnels dits endogènes (Posner, 1980; Posner et Raichle, 1998), appelés également volontaires, subjectifs, ou encore top-down (de haut en bas : à l'initiative de la commande cérébrale). Ceci s'explique par le fait que l'attention est dirigée par le sujet vers un endroit ou une information, qui dans notre cas est un mot, une phrase ou un texte, dans l'optique d'avoir un comportement orienté vers un but, qui pour nous est l'action de lire. Cet acte de volonté de diriger son attention vers cet écrit, nous permet de qualifier ce contrôle de l'attention comme volitionnel. Par ailleurs, deux composantes de l'attention, qui sont l'intensité et la sélectivité (Van Zomeren et al., 1994), jouent un rôle fondamental dans la lecture. En effet, le lecteur a besoin d'un état d'éveil attentionnel à un niveau suffisant pour pouvoir lire, on dit qu'il est en état d'alerte tonique, et si sa lecture se prolonge il développe une attention soutenue. Également, il met en place une attention sélective (Dehaene, 2011, p. 38) afin de saisir la ou les informations pertinentes parmi toutes celles présentes. Enfin, certains auteurs caractérisent l'attention selon des modalités sensorielles. De fait, lire sollicite l'attention visuelle (Meyer et al., 2018) mais aussi une attention auditivo-verbale en cas de lecture à voix haute.

1.3.2 La mémoire

Lire demande au lecteur d'avoir des capacités de mémorisation, c'est-à-dire d'être capable d'enregistrer, stocker, récupérer et utiliser des informations connexes à la lecture. En effet, lorsque nous lisons, nous avons besoin d'utiliser différentes mémoires comme la mémoire sensorielle, la mémoire de travail et certaines mémoires à long terme.

La première citée ci-dessus est aussi appelée la mémoire perceptive ou le registre d'informations sensorielles (RIS). Elle est éphémère et fait référence au stockage immédiat des informations reçues par les organes des sens. En lecture, ce sont les mémoires visuelle et auditive qui sont sollicitées. Elles sont appelées respectivement mémoires iconique et échoïque (Neisser, 1967). La première, qui dure un quart de seconde, permet la vision de lettres, de

syllabes, d'indicateurs morphémiques, d'éléments de ponctuation, quant à la seconde, qui dure deux secondes et demi, elle sert de moyen de contrôle lors d'une lecture à voix haute. Notons que la mémoire tactile est utilisée notamment par les malvoyants (lecture en braille).

La mémoire de travail (Baddeley et Hitch, 1974) est une mémoire à court terme (MCT) qui permet parallèlement le stockage de données et le traitement cognitif de ces dernières. Ainsi, le lecteur va retenir des renseignements tels que des phonèmes, des syllabes, ou encore des mots, afin de pouvoir les manipuler mentalement. Cela va permettre la fusion phonique et syllabique, le maintien en mémoire des mots du début d'une phrase alors que le lecteur arrive à la fin de celle-ci, mais également la création d'images mentales représentatives de ce qui est lu. Appelée aussi mémoire active, opérationnelle ou fonctionnelle, elle est dite transitoire car elle ne peut garder des données allant de quelques secondes à une minute environ. Enfin, elle possède une capacité limitée.

De plus, la personne qui lit utilise également des mémoires dites à long terme (MLT) comme la mémoire sémantique (Quillian, 1966; Tulving et Donaldson, 1972, Chapitre 10) et la mémoire procédurale. La première désigne l'acquisition de connaissances générales sur le monde. Elle va permettre au lecteur de comprendre ce qu'il lit grâce au lien qu'il va faire avec ses expériences et ses connaissances. Quant à la mémoire procédurale, elle suscite des mécanismes automatiques d'ordre moteur ou cognitif. Elle est dite implicite (Cohen et Squire, 1980). Dans notre cas, elle entre en jeu à partir du moment où l'automatisme de la lecture est réel, c'est-à-dire quand le lecteur lit de manière rapide, fluide et à moindre coût attentionnel. Nous proposons dans le tableau 2 ci-après un récapitulatif des différentes mémoires usitées en situation de lecture.

Enfin, nous précisons qu'il existe des appellations de mémoires spécifiques à un domaine. Les deux suivantes sont en lien avec le champ de la lecture. Il s'agit de la mémoire phonologique qui intègre les phonèmes et leur association, et la mémoire lexicale qui assimile les caractéristiques morphologiques d'un mot, c'est-à-dire ses propriétés phonétiques et orthographiques.

Tableau 2 : Les différentes mémoires utilisées en situation de lecture

	Mémoire sensorielle			Mémoire de travail	Mémoire à long terme	
Autres appellations	mémoire perceptive			mémoire à court terme		
				mémoire active		
	registre de l'information sensorielle			mémoire opérationnelle		
				mémoire fonctionnelle		
Types utilisés	mémoire visuelle (iconique)	mémoire auditive (échoïque)	mémoire tactile (braille)		mémoire sémantique	mémoire procédurale
Spécificités	vision des lettres, des syllabes, des morphèmes, de la ponctuation	contrôle lors de la lecture à voix haute	identification des lettres grâce au toucher	mémorisation des phonèmes, des syllabes, des mots et de phrases, aussi permet la création d'images mentales	mémorisation de connaissances générales sur le monde	automatisation
Durée de stockage	0,25 seconde	2,5 secondes	2 secondes	quelques secondes à une minute	illimitée	illimitée
Capacité de stockage	élevée			limitée	illimitée	illimitée

(Production de l'auteure)

1.3.3 Le langage

Les activités langagières comprennent les langages oral et écrit. Ces deux derniers présentent des modalités de traitement en réception et en production (Conseil de l'Europe, 2001, Chapitre 2). La lecture mobilise les habiletés réceptives du langage écrit. En effet, le lecteur doit être capable de comprendre les mots, les phrases ou le texte qu'il visualise dans les tâches de décodage et de compréhension. Pour autant, le langage oral joue un rôle fondamental en amont de l'apprentissage de la lecture car il va permettre de prendre conscience des structures du langage (Bentolila et Germain, 2018). Plus précisément, il permet la distinction des différents sons de la langue de manière réceptive et expressive, l'assimilation d'un vocabulaire actif et d'en comprendre la sémantique, la connaissance évasive d'un vocabulaire passif et l'acquisition de repères sur la syntaxe de la langue.

1.3.4 Les praxies

Le mot « praxie » vient du grec ancien « praxis » qui veut dire « action » (CNRTL, s. d.-i). Nous définissons les praxies comme les fonctions qui régulent la coordination et l'adaptation des mouvements volontaires réalisés dans le but d'atteindre une tâche précise. Il existe différents types de praxie selon ce que le sujet effectue. Dans le cas d'une situation de lecture, le lecteur a besoin de réaliser des mouvements des yeux, mais également de la bouche. Respectivement, il sollicite les praxies visuo-spatiale et oro-faciale.

La praxie visuo-spatiale permet au lecteur de bénéficier d'une organisation et d'une coordination adéquate des mouvements des yeux. Cela implique un balayage oculaire fluide de gauche à droite et de droite à gauche, des saccades oculaires et des temps de fixation fovéales. Les saccades sont d'une durée de 30 ms avec de petites amplitudes présentant des temps de latence de l'ordre de 200 à 300 ms et les temps de pause ou d'immobilité sont estimés en moyenne à 250 ms pouvant aller de 100 à 500 ms et elles permettent le décodage (Quercia, 2010). Ces durées varient en fonction de l'âge et du niveau de lecture du sujet (Starr et Rayner, 2001). Par ailleurs, cette capacité de motilité oculaire doit d'autant plus être associée à celle de repérage spatial afin que le lecteur sache se situer dans son texte et ne pas sauter de mots ou de lignes lors de sa lecture.

La praxie oro-faciale appelée aussi verbale ou encore bucco-faciale permet à l'individu d'effectuer et de coordonner les mouvements des organes de la phonation et du visage nécessaires à la parole (mouvement de la mâchoire, de la bouche, des lèvres, de la langue, des plis vocaux). Ces gestes sont effectués de manière volontaire et s'acquièrent de par les expériences de l'enfant et de son éducation. Lors d'une lecture à voix haute, le lecteur a besoin de réaliser correctement ces mouvements de la sphère orale. Certaines études convergent pour affirmer qu'à l'âge de l'apprentissage de la lecture, la praxie verbale est maîtrisée. En effet, grâce au test de Hénin et Dulac qui date de 1984, il est démontré que la majorité des spécificités de la praxie bucco-faciale est acquise à l'âge de 5 ans et demi (cité par Mison et Morvezen, 2006). D'autres auteurs affirment qu'entre 5 et 7 ans le système de production de la parole est totalement mis en place (Mazeau et Pouhet, 2014), même s'il continue ensuite à progresser pour s'affiner. D'autres encore précisent que la maîtrise cohérente des séquences des gestes verbaux est acquise à l'âge de 6 ans (Bearzotti et al., 2007). Ainsi, cette praxie indispensable lors d'une lecture à voix haute est acquise lors de l'apprentissage de la lecture c'est-à-dire en classe de cours préparatoire (CP) et cours élémentaire 1^{ère} année (CE1). Elle permet de programmer, de

planifier et d'effectuer tous les mouvements nécessaires afin d'articuler et d'émettre les sons de ce que le lecteur est en train de lire.

1.3.5 Les gnosies

Le mot « gnosie » vient du grec ancien « gnôsis » qui signifie « connaissance » (CNRTL, s. d.-f). Il est composé du radical « gnos » et du suffixe « ie », ce dernier permet la formation du substantif féminin. Les gnosies renvoient à la perception et à la reconnaissance immédiate des messages sensitifs provenant de nos différents sens. De fait, il existe des gnosies visuelle, auditive, tactile, olfactive, gustative. Ainsi, quand un individu lit, il mobilise de manière prééminente la gnosie visuelle. Effectivement, cette dernière doit transcrire parfaitement les informations visuelles du langage écrit comme la forme des lettres, la ponctuation, les contrastes de couleurs. Également, le lecteur sollicite de manière secondaire la gnosie auditive s'il lit à voix haute. En effet, il bénéficie d'un retour d'informations auditives qui l'aide dans son action de lire.

1.3.6 Les fonctions exécutives

A la fin des années 1960, Alexander Luria introduit l'expression de « fonctions exécutives » (FE). Cette locution se définit comme la capacité qu'a un individu à réguler ses fonctions mentales. Les FE sont des fonctions cognitives supérieures qui sont sollicitées dans toutes les actions dirigées vers un but lors de tâches nouvelles (non routinières) ou complexes. Le fait de se retrouver face à une situation inconnue ou compliquée va engendrer chez le sujet la mise en place de certaines fonctions cognitives. Les FE apparaissent comme le chef d'orchestre de ces dernières (Moret & Mazeau, 2013), comme leur superviseur (Mazeau, 2008). Elles ont donc des fonctions transversales. Elles possèdent également d'autres systèmes comme l'activation, la planification, l'inhibition cognitive et la flexibilité mentale. À ce jour, il n'existe pas de consensus quant au nombre et à la dénomination de ces autres systèmes, mais ces quatre cités ci-dessus sont les plus courants dans la littérature traitant de ce concept. Certains auteurs se rejoignent pour affirmer que la lecture sollicite les FE (Mazeau, 2008; Moret et Mazeau, 2013). Plus précisément, ce sont les processus d'inhibition cognitive et de flexibilité mentale qui sont essentiels dans l'acte de lire (Alteimer et al., 2008). Si le lecteur est en phase d'apprentissage alors ces deux systèmes d'inhibition cognitive et de flexibilité mentale permettent de faire abstraction des informations non pertinentes et de traiter les données

phonologiques pour assembler les phonèmes, les syllabes et lire des mots. Puis, quand cette étape est acquise, alors ces deux procédés poursuivent leur action en rendant la lecture automatique (Alteimer et al., 2008). Ainsi chez le lecteur expert, les FE engendrent la dénomination rapide et automatisée des textes lus.

1.3.7 Les fonctions visuo-spatiales

La lecture mobilise les fonctions visuo-spatiales. En effet, lire demande une acuité visuelle performante concernant la forme des lettres et leur orientation. Cette visibilité parfaite donne au lecteur un accès favorisant une lecture fluide et une vitesse de traitement de l'information plus rapide. De plus, ces fonctions permettant de se repérer dans l'espace, facilitent le repérage dans une page de lecture, dans un manuel ou un dictionnaire. Par ailleurs, dans les pays occidentaux, l'acte de lire entraîne un déplacement des yeux dans le sens horizontal dextroverse (de gauche à droite) et vertical de haut en bas afin de lire la ligne suivante sans sauter de ligne. Pour réaliser ce guidage oculomoteur sans erreur, le lecteur a besoin d'usiter des indices visuo-spatiaux, mais aussi d'avoir une motricité oculaire sans faille. Enfin, ces fonctions visuo-spatiales jouent un rôle important dans la capacité à s'imaginer mentalement un objet absent. Or, la représentation mentale est un facteur majeur dans la lecture puisque le lecteur doit être capable de se représenter mentalement ce qu'il est en train de lire pour faciliter sa compréhension.

1.3.8 La vitesse de traitement de l'information

La vitesse de traitement de l'information est impliquée dans le fonctionnement cognitif. En effet, c'est un indice qui est intégré au test de quotient intellectuel (QI) dans les échelles d'intelligence de Wechsler (WISC 5, WPPSY 4, WAIS 4) afin d'être évalué. Dans la période d'âge qui nous intéresse, c'est le WISC 5 qui est utilisé afin de calculer le QI. Dans ce test la vitesse de traitement de l'information fait partie des cinq indices principaux évalués. Elle occupe donc une place importante, elle est un facteur représentatif de l'aptitude intellectuelle générale. Elle serait responsable de la performance en lecture (Savournin, 2013). Ceci s'expliquerait par le fait que les informations traitées rapidement soulagent la mémoire de travail. Cette dernière n'étant pas submergée de données et le lecteur n'étant pas en surcharge cognitive, cela lui permet de traiter favorablement les informations et produire une lecture fluide.

1.3.9 La cognition sociale

La cognition sociale est l'ensemble des processus cognitifs qui interviennent dans les interactions sociales, ceci afin de comprendre les individus et de pouvoir interagir avec eux. Ainsi, cela inclut le fait de comprendre les attitudes, les pensées, les émotions, les désirs, les intentions de l'autre (Mazaux et al., 2016).

Dans un contexte de lecture où le sujet est seul pour lire un texte que cela soit un enfant qui lit seul une histoire, ou un adulte qui lit un roman ou un article scientifique, nous parlons de cognition sociale différée puisqu'il n'y a aucune interaction directe entre le lecteur et l'auteur. Par contre, en situation d'apprentissage de la lecture, où l'enseignant est présent auprès de l'enfant qui apprend à lire, la cognition sociale est directe car l'enseignant présente à l'apprenti lecteur les expressions de son visage, ses attitudes, ses tonalités de voix, son empathie, sa bienveillance, qui sont des informations que le jeune interprète et analyse. Par conséquent, tous ces renseignements permettent à ce dernier d'être guidé dans son apprentissage et d'interagir avec son professeur dans le but de progresser en lecture.

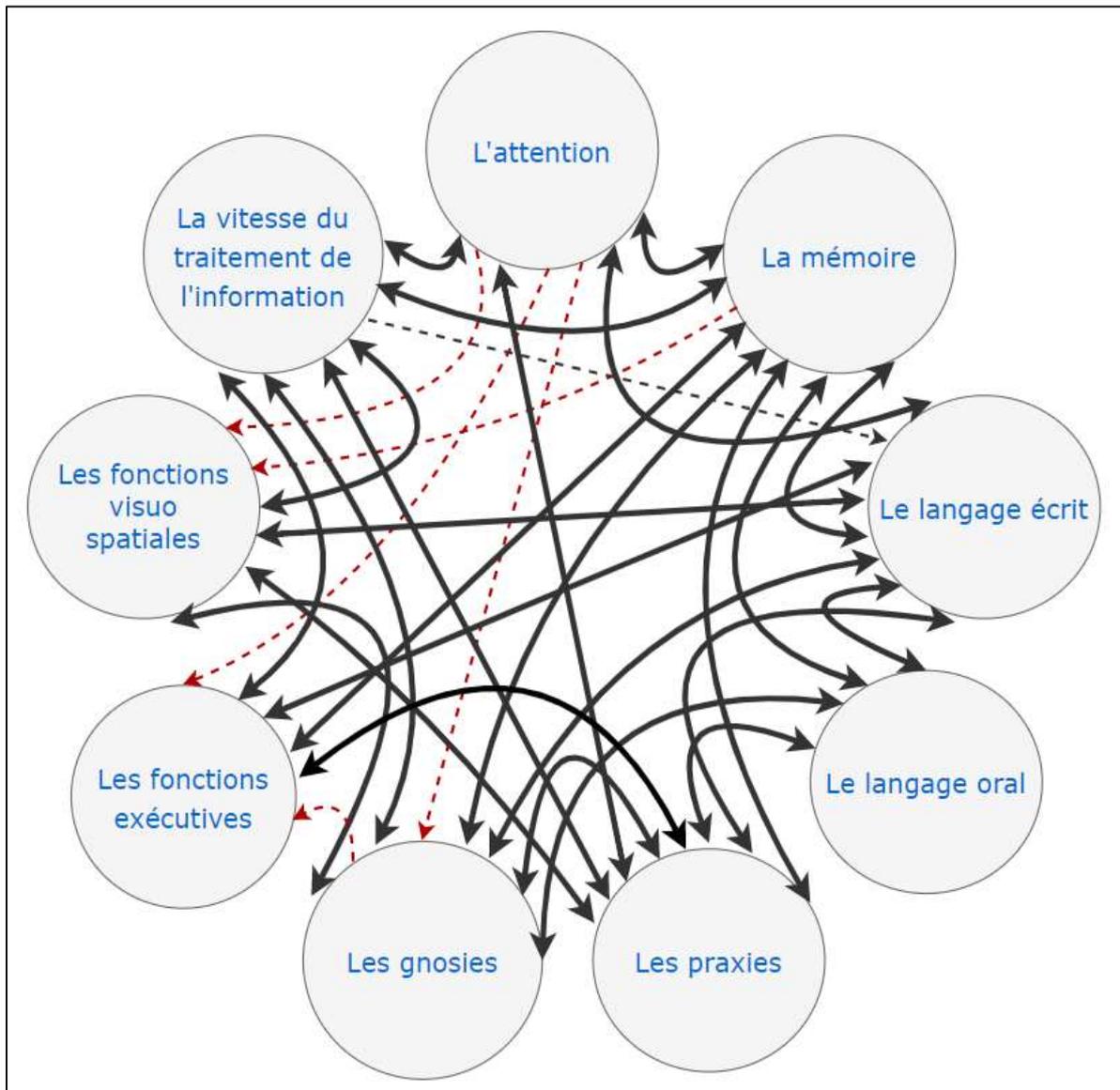
Pour conclure, toutes ces fonctions cognitives connexes à la lecture nous démontrent que lire n'est pas une activité simple puisqu'elle est multifactorielle, d'autant plus que certains paramètres sont interdépendants. Ainsi, un lecteur expert est un spécialiste qui maîtrise parfaitement les fonctions cognitives que nous avons développées ci-dessus. Dans la section suivante, nous proposons un schéma illustrant les relations existantes entre ces différentes fonctions cognitives de la lecture afin de nous faire prendre conscience visuellement du caractère complexe de cette discipline.

1.4 Les relations des fonctions cognitives usitées en situation de lecture

Certaines fonctions cognitives liées à la lecture interagissent entre elles, c'est-à-dire qu'elles présentent une action de réciprocité, l'une entraînant l'autre et vice versa. Pour d'autres, le sens de la relation est unidirectionnel, le lien ne présente pas de retour. Ci-après, nous observons la figure 3 qui illustre les liaisons interdépendantes (tracé épais noir) et monodirectionnelles (tracé fin en pointillé rouge) des fonctions cognitives utilisées en situation de lecture. Ceci nous permet d'avoir une vision générale de leur fonctionnement et de mieux nous rendre compte de la complexité du processus.

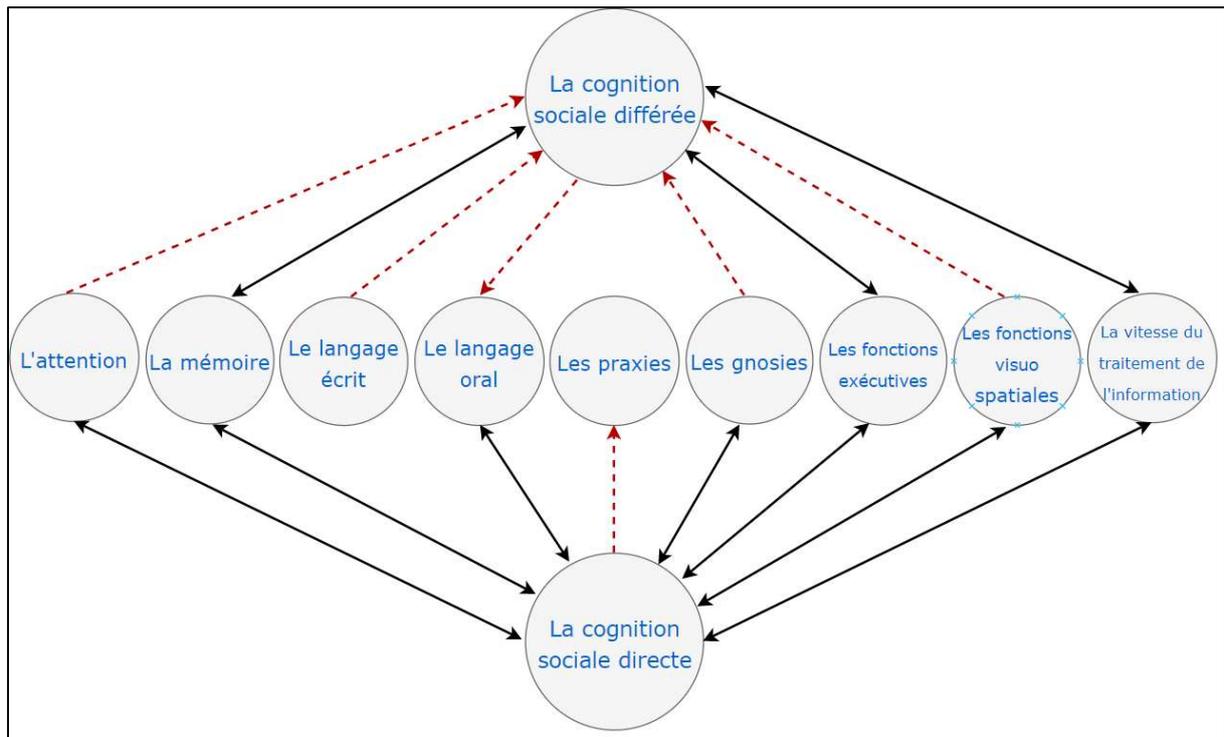
De plus, afin de ne pas surcharger la figure 3 et puisque la cognition sociale peut-être différée ou directe, comme nous l'avons expliqué dans la rubrique 1.3.9, nous présentons en figure 4 les relations entre les deux types de cognition sociale et les autres fonctions cognitives.

Figure 3 : Les relations des fonctions cognitives usitées en situation de lecture



(Production de l'auteure)

Figure 4 : Les relations entre les types cognitions sociales et les autres fonctions cognitives utilisées en situation de lecture



(Production de l'auteure)

Pour faire suite aux deux schémas ci-dessus, nous constatons que pour lire, une personne doit disposer d'outils que sont les fonctions cognitives. Le développement de ces dernières suit un rythme en fonction de l'âge. C'est pour cela que la lecture s'apprend en classe de CP, puisqu'il est estimé qu'un enfant de six ans possède une maturité suffisante de ces fonctions cognitives nécessaires à la lecture. Pour autant, certains élèves de cet âge présentent un décalage temporel dans le développement de ces outils. Ainsi, de jeunes enfants ont une prédisposition à la lecture avant l'âge de six ans et parviennent à lire en classe de grande section de maternelle (GS), alors que d'autres entreront dans la lecture en classe de CE1. Chez ceux pour qui l'apprentissage de la lecture reste difficile en cours élémentaire 2^{ème} année (CE2) et dans les classes supérieures, alors une dyslexie développementale peut être diagnostiquée et les causes peuvent sortir du simple fait d'un décalage de maturation des fonctions cognitives (voir le 2.3 sur l'étiologie de la dyslexie).

Par ailleurs, une utilisation efficace de ces fonctions cognitives demande une habileté cognitive de chacune. Ce contrôle cognitif peut être atteint par une stimulation naturelle (les expériences et le vécu de l'enfant), ou en cas d'insuffisance, par une aide extérieure

(neuropsychologue, psychomotricien, orthophoniste, ergothérapeute). Ainsi, l'individu peut bénéficier d'un apprentissage des fonctions cognitives si toutefois elles ne progressent pas assez rapidement ou naturellement. Celles-ci se développent donc selon deux types de modalités, la première étant de manière implicite où l'évolution se réalise spontanément grâce à un environnement favorable, et la seconde étant de façon explicite guidée par un adulte.

En synthèse, nous pouvons affirmer que la lecture sollicite plusieurs fonctions cognitives qui fonctionnent selon un processus complexe. Chaque enfant ne possède pas forcément au même moment la possibilité d'utiliser de manière optimum ces outils. Néanmoins, la mise en place d'aides spécifiques sur une fonction cognitive précise, celle qui est fragile, va permettre au jeune de progresser spécifiquement sur cette fonction, mais aussi plus généralement pour atteindre d'autres domaines comme dans notre cas en lecture.

Dans ce premier chapitre, nous comprenons que lire demande à l'individu de posséder un équipement cognitif conséquent afin de pouvoir utiliser des processus et des stratégies de lecture. La combinaison de ces trois paramètres va permettre au lecteur d'acquérir les deux composantes de la lecture qui sont le décodage et la compréhension. Ainsi, c'est grâce à tous ces éléments en bon état de fonctionnalité que le lecteur maîtrisera la lecture et sera qualifié de normo-lecteur, voire de lecteur expert. Un normo-lecteur est défini comme « un bon identifieur et un bon compreneur, ayant un niveau de lecture conforme à son âge chronologique et son niveau scolaire » (Ministère de l'Éducation Nationale de la Jeunesse et des Sports, 2019a, p. 128). Quant au lecteur expert, il sait lire vite et comprend ce qu'il lit. Il utilise uniquement la voie directe, et « l'immédiateté » de sa lecture est due à un niveau d'automatisation extrême des différentes étapes qui se déroulent inconsciemment (*Ibid*, s. d.). Les petits mots, tels les déterminants et les prépositions, sont survolés, les yeux du lecteur visualisant principalement les mots pertinents. Pourtant, certains sujets ne parviennent pas à cette qualification de normo-lecteur et encore moins de lecteur expert. En effet, des personnes nommées dyslexiques car atteintes d'un trouble de dyslexie, n'accèdent pas à un niveau de pratique leur permettant de maîtriser la lecture dans son entité. Ainsi, nous proposons dans le chapitre suivant d'explicitier ce qu'est la dyslexie.

CHAPITRE 2 : EXPLORATION DE LA DYSLEXIE DÉVELOPPEMENTALE

Ce chapitre a pour objet la dyslexie développementale. Il s'ouvre sur un survol historique et se poursuit par la proposition de définitions évolutives de ce concept. A la suite, nous dévoilons l'existence de différents types de dyslexie. Puis, nous exposons les diverses causes possibles à ce trouble, ainsi que ses comorbidités. Enfin, nous nous intéressons plus particulièrement aux troubles moteurs associés, notamment au trouble développemental de la coordination, dans le but d'effectuer un rapprochement étiologique entre ce dernier et la dyslexie.

2.1 Historique et définitions

Le mot dyslexie provient du grec, dont le préfixe « dys » veut dire « difficulté » et le substantif « lexie » signifie « mot, parole, élocution » (CNRTL, s. d.-c). Ainsi, à l'origine la dyslexie se traduisait par « une difficulté avec les mots ». Il existe deux types de dyslexie. Nous distinguons les dyslexies développementales, qui apparaissent lors du développement et des apprentissages, des dyslexies acquises ou alexies qui sont dues à une lésion cérébrale (tumeur, traumatisme crânien, accident vasculaire cérébral, maladie dégénérative comme la maladie d'Alzheimer). Dans cette thèse, nous nous intéresserons uniquement aux dyslexies développementales.

Voyons dans la rubrique suivante l'histoire de l'apparition du terme de dyslexie.

2.1.1 L'histoire de la dyslexie

La première évocation d'une personne présentant un trouble de la lecture date de 1896 (Barrouillet et al., 2007). En effet, un médecin anglais, nommé Pringle Morgan, décrit le cas d'un adolescent de 14 ans appelé Percy qui se trouve dans l'incapacité de lire, bien qu'il ait suivi une scolarité classique depuis ses 7 ans avec une intelligence dite normale. Le Docteur Morgan suppose alors que ce jeune garçon souffre d'une cécité congénitale, sous-entendue présente depuis sa naissance. Volontairement, il emploie le terme de congénitale afin de distinguer cette pathologie à une cécité verbale qui apparaît lors d'une lésion. L'utilisation du mot « cécité » va amener un ophtalmologiste James Hinshelwood à s'intéresser à ce sujet. Ainsi, il rencontre et étudie des enfants qui présentent les mêmes critères que le jeune Percy,

c'est-à-dire une incapacité à lire alors que leur intelligence fonctionne normalement. De fait, il est le premier à parler de dyslexie comme celle qui nous intéresse à savoir de développementale. Pourtant en 1881 et 1887, respectivement Oswald Berkhan un médecin allemand et Rudolf Berlin un ophtalmologue utilisaient déjà ce terme pour définir le cas de personnes ayant perdu la capacité de lire suite à une lésion cérébrale, c'est-à-dire pour caractériser une dyslexie acquise (Mandal, 2019).

Nous constatons que le terme de dyslexie est apparu dans un premier temps pour caractériser une dyslexie acquise avant d'être utilisé pour déterminer une dyslexie développementale. Nous continuons d'explicitier cette dernière en développant dans la rubrique suivante les différentes définitions existantes de la dyslexie.

2.1.2 Les définitions de la dyslexie développementale

Aujourd'hui dans le langage courant, le terme de dyslexie développementale désigne l'ensemble des troubles spécifiques et durables qui se produisent chez une personne présentant des difficultés à identifier des mots écrits lors d'une activité de lecture. Dans le langage médical, la définition de la dyslexie apporte des précisions. Par ailleurs, elle évolue régulièrement grâce aux progrès scientifiques qui amènent toujours de nouvelles connaissances, ce qui permet de compléter et d'affiner sa terminologie. La communauté scientifique se reporte sur les définitions de structures reconnues qui sont la fédération mondiale de neurologie (WFN la world fédération of neurology), le manuel de diagnostic et de statistique des troubles mentaux (le DSM) et la classification internationale des maladies de l'OMS (la CIM). Ces définitions sont détaillées par date chronologique de la plus ancienne à la plus récente.

Tout d'abord, en 1968 la fédération mondiale de neurologie a donné une des premières définitions précises de la dyslexie. Elle la définit comme un trouble qui entraîne des difficultés pour apprendre à lire, bien que la personne ait reçu un enseignement traditionnel, possède une intelligence appropriée et vive dans un milieu socioculturel stimulant. Cependant, cette définition par exclusion ne permet pas d'identifier réellement ce qu'est la dyslexie.

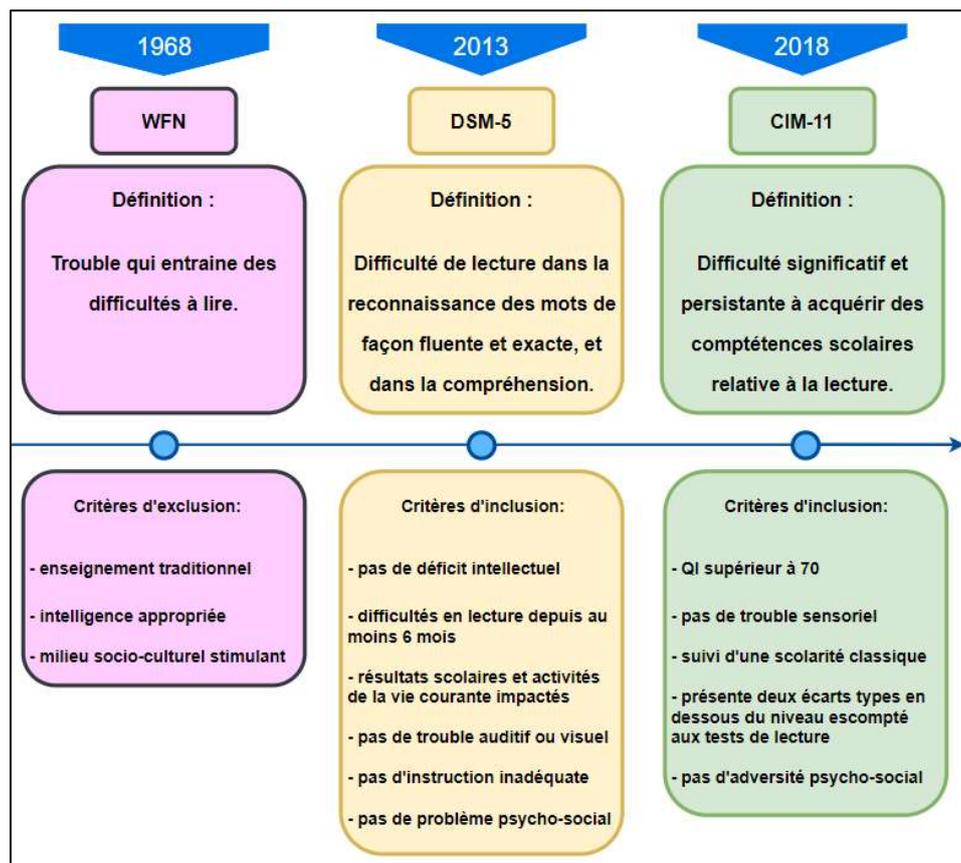
Puis en 2013, le DSM-5 de la psychiatrie américaine, qui est la version n°5 parue en France en 2015, propose une classification des troubles neurodéveloppementaux. La dyslexie qui en fait partie est rangée dans la catégorie des troubles spécifiques des apprentissages, avec la dysorthographe et la dyscalculie. De fait, les quatre difficultés principales appartenant à cette rubrique se situent dans la reconnaissance des mots de façon fluente ou exacte, dans le décodage

ou l'orthographe des mots, dans la compréhension de lecture, ainsi que dans le raisonnement des mathématiques associées. Nous constatons que les critères de diagnostic de la dyslexie sont regroupés à ceux de la dysorthographe et de la dyscalculie. Ils sont caractérisés par des difficultés de lecture (lente, laborieuse ou inexacte), et/ou de compréhension et de sens de ce qui est lu, et/ou d'orthographe, et/ou d'expression écrite, et/ou de maîtrise du sens du nombre, de faits arithmétiques ou de calcul, et/ou de raisonnement mathématique. De plus, il est précisé que ces difficultés d'apprentissage doivent être présentes depuis au moins six mois et comportant au moins un des symptômes cités ci-dessus, en dépit d'un travail ciblé sur les empêchements du sujet. En outre, il est spécifié que les difficultés du sujet commencent à l'âge scolaire, et d'autant plus quand le domaine déficient concerné est abordé. Ainsi, les performances scolaires sont touchées et atteignent un niveau au-dessous des attentes de l'âge chronologique. Les résultats scolaires sont impactés, mais également les activités de la vie courante. Enfin, il est noté que ces difficultés d'apprentissage ne proviennent pas d'un déficit intellectuel, d'un trouble auditif ou visuel, d'un problème psycho-social ou encore d'une instruction inadéquate. Par ailleurs, le DSM-5 crée trois niveaux de dyslexie. Aujourd'hui, on parle de trouble léger, modéré ou sévère.

Ensuite, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) crée un consensus pour les termes de « dyslexie développementale » qui se transcrivent en « trouble spécifique de la lecture ». Dans la dernière version de la Classification Internationale des Maladies, version n°11 (CIM-11) de l'OMS parue en 2018, la dyslexie est classée dans les troubles développementaux, plus précisément dans les troubles du développement et de l'apprentissage, et plus finement dans les troubles de l'apprentissage avec déficience en lecture. Elle est caractérisée par des difficultés persistantes et significatives à acquérir des compétences scolaires relatives à la lecture. De plus, cette version précise que les difficultés rencontrées sont inattendues car elles ne parviennent pas d'un accident cérébral. Enfin, il y est spécifié les critères de diagnostic qui sont les suivants : le sujet possède un quotient intellectuel supérieur ou égal à 70 et donc n'a pas de déficience intellectuelle, il n'a pas de trouble sensoriel, il suit une scolarité classique, mais pourtant il présente aux tests de lecture au moins deux écarts types en dessous du niveau escompté.

En synthèse, nous proposons ci-après la figure 5 composée d'un axe chronologique qui retrace l'évolution de la définition de la dyslexie.

Figure 5 : Évolution de la définition de la dyslexie



(Production de l'auteure)

Ces trois définitions participent à rendre plus précise la définition de la dyslexie. Toutefois, même si tous les critères de diagnostic cités auparavant sont retenus, en France il y en a un autre. On admet un retard de lecture de 18 à 24 mois par rapport à l'âge de lecture attendu selon l'âge chronologique pour réellement parler de dyslexie. Ceci équivaut pour un élève qui suit une scolarité d'âge normal, que ce diagnostic ne peut pas se faire avant la fin du CE1 voire le début du CE2.

Cette rubrique d'ordre définitionnel nous permet d'obtenir les caractéristiques de la dyslexie afin d'en connaître ses limites et de comprendre avec précision l'ensemble des traits qui la circonscrivent. Pour autant, nous nous interrogeons sur la présence des termes de handicap, déficience et trouble qui s'adjoignent à la dyslexie. De fait, nous proposons dans la rubrique suivante de passer en revue de manière chronologique l'apparition d'utilisation de ces trois termes qualificatifs.

2.1.3 Dyslexie : handicap, déficience ou trouble ?

En 1993 l'OMS reconnaît pour la première fois la dyslexie comme un handicap. La définition du handicap étant la suivante :

Toute limitation d'activité ou restriction de participation à la vie en société subie dans son environnement par une personne en raison d'une altération substantielle, durable ou définitive d'une ou plusieurs fonctions physiques, sensorielles, mentales, cognitives ou psychiques, d'un polyhandicap ou d'un trouble de santé invalidant. (décret 93-1216 du 4 novembre 1993)

Puis, en 1994 la dyslexie est qualifiée de trouble. Elle est classifiée dans la section des troubles spécifiques du développement des acquisitions scolaires et plus finement dans le trouble spécifique de la lecture dans la CIM-10, et dans la catégorie des troubles des apprentissages dans le DSM-4. D'ailleurs, elle avait déjà été qualifiée de trouble en 1968 dans la définition de la WFN : « a disorder of constitutional origin manifested by a difficulty in learning to read, write or spell, despite conventional instruction, adequate intelligence, and sociocultural opportunity" où le mot « disorder » se traduit en français par « trouble ».

En 2001, l'OMS crée la classification Internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé (CIF), étendue aux enfants et aux adolescents (CIF-EA, 2007), qui donne une image assez large sur le fonctionnement des individus et leurs structures anatomiques. Elle s'intéresse aussi aux difficultés rencontrées lors d'activités et de participations sociales. De plus, le rôle de l'environnement est également pris en compte. Dans cette classification, le terme de déficience est utilisé dans l'évaluation qualitative : « code qualificatif générique sur l'échelle négative, utilisé pour indiquer l'étendue ou l'importance d'une déficience. » (World Health Organization, 2001, p. 47). Dans cette classification, la terminologie de dyslexie n'apparaît pas en tant que telle, mais en terme de déficience des processus de lecture (reconnaitre des caractères, des alphabets, des mots, analyse phonétique, décodage, compréhension, interprétation).

Ensuite en France en 2005, la loi « pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées » fait apparaître la notion de « situation de handicap », mais aussi de handicap cognitif. En effet, elle caractérise la dyslexie comme un handicap cognitif, ce qui autorise le droit aux personnes concernées d'établir un dossier de demande de reconnaissance de handicap à la Maison Départementale des Personnes Handicapées (MDPH). Selon les départements, cette dernière est aussi nommée Maison

Départementale de l'Autonomie (MDA). Le document est un guide d'évaluation des besoins de compensation de la personne handicapée (GEVA) qui existe également pour les enfants scolarisés (GEVA-Sco). En cas de réponse favorable, cela donne lieu à des aides. Par exemple, pour faciliter la scolarité des élèves dyslexiques des compensations peuvent être allouées. Selon un diagnostic de degré d'atteinte de sévérité, elles peuvent être techniques (majoration du temps imparti pour les examens et les concours, adaptations pédagogiques), technologiques (utilisation d'un ordinateur, de logiciels d'assistance), financières (prise en charge thérapeutique) et/ou humaines (présence d'un accompagnant des élèves en situation de handicap, AEVS).

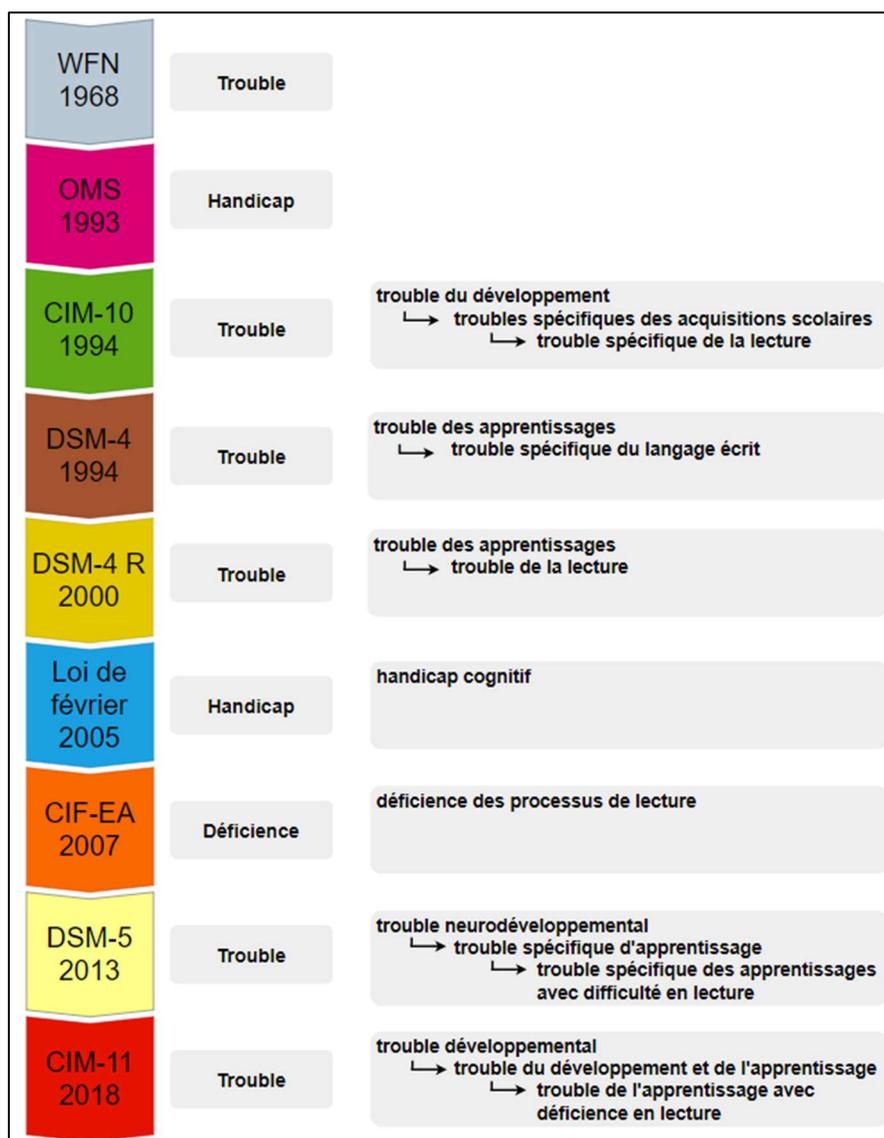
Puis en 2015, le DSM-5 traite de la dyslexie en terme de trouble neurodéveloppemental et plus précisément de trouble spécifique d'apprentissage avec un déficit en lecture. Il définit un trouble neurodéveloppemental comme un trouble qui apparaît dès la petite enfance et se distingue par un retard de développement qui engendre des répercussions au niveau cognitif, sensori-moteur et comportemental, entraînant des conséquences sur le fonctionnement personnel, social, scolaire et professionnel de l'individu.

Plus tard en 2018, la CIM-11 qualifie la dyslexie en terme de trouble développemental et plus exactement comme un trouble de l'apprentissage avec une déficience en lecture.

Enfin, le DSM-5 et la CIM-11 précisent tous deux que la dyslexie ne peut pas être une déficience mentale comme ils l'indiquent respectivement dans leur texte : « pas de déficit intellectuel » et « pas de déficience intellectuelle (QI supérieur ou égal à 70) ».

Dans cette énumération qui retrace les différentes appellations de la dyslexie, cette dernière a été qualifiée différemment au cours du temps comme un trouble, un handicap, une déficience, avec des précisions qui se sont adjointes comme un handicap cognitif, un trouble développemental et neurodéveloppemental, mais aussi une déficience en lecture. Ainsi, les structures reconnues ont pris en compte les recherches scientifiques pour faire évoluer la définition de la dyslexie. Nous présentons ci-après la figure 6 qui permet de visualiser de manière synthétique quelles organisations utilisent les termes de trouble, handicap ou déficience, mais également de suivre l'évolution nosographique de la dyslexie.

Figure 6 : Évolution nosographique de la dyslexie



(Production de l'auteure)

Cette section nous a permis de définir la dyslexie avec précision. Pour autant, il n'existe pas un seul type de dyslexie mais plusieurs. C'est ce que la section suivante va nous expliquer en développant chacune d'entre elles.

2.2 Les différents types ou profils de dyslexie

Quand nous parlons de la dyslexie, elle est souvent évoquée de manière générale. Or, les personnes dyslexiques peuvent présenter différentes spécificités engendrant des difficultés

distinctes. En effet, il existe plusieurs types de dyslexie et nous proposons de les expliciter dans les trois rubriques suivantes.

2.2.1 La dyslexie phonologique

Le premier type de dyslexie est appelé la dyslexie phonologique. D'autres termes, comme la dyslexie phonétique, linguistique, profonde, de type L (Bakker, 1992) ou encore dysphonétique (Boder, 1973) sont moins utilisés, mais accordent les mêmes critères de difficulté et de résultat de lecture chez les dyslexiques. Elle représente environ 70% des dyslexies.

Dans ce cas, la difficulté majeure du lecteur est de traiter la composante phonologique du langage. Le sujet ne parvient pas à mobiliser les capacités de conscience phonologique qui sont nécessaires pour la lecture. La communauté scientifique parle alors d'un déficit phonologique ou d'un déficit de conscience phonologique.

La conscience phonologique est définie comme la capacité à savoir identifier et manipuler, de façon consciente et réflexive, les mots d'une phrase et les parties d'un mot comme les unités sublexicales, tels que la syllabe « bi » et le phonème [b] par exemple. Ainsi, un individu qui présente ce type de trouble se trouve en difficulté pour réaliser des exercices de dénombrement, d'omission et d'inversion de syllabes, de jugement de similarité ou de différence de rimes, ou encore d'attaque de mots. Encore plus finement, il ne parvient pas à percevoir, manipuler et dénombrer les phonèmes d'un mot, qui sont appelées des tâches phonémiques. La conscience phonémique étant le plus haut niveau de la conscience phonologique, elles sont toutes deux indispensables à l'apprentissage de la lecture. Elles sont mêmes des prédicteurs de la lecture que l'on peut déjà observer en grande section de maternelle.

Ainsi, ces difficultés citées ci-dessus restreignent l'acquisition des correspondances graphophonémique, qui est un passage obligatoire pour la lecture. Ces correspondances permettent de relier une unité d'écriture comme la syllabe à sa prononciation. Par conséquent, le sujet réalise beaucoup d'erreurs de décodage et il lit donc de façon saccadée. Mais pour pallier à cette lecture lente et non fluide, il emploie des stratégies. Tout d'abord, il utilise le contexte général de la phrase et invente des mots qui pourraient convenir tels des synonymes. Ainsi, il exploite la voie sémantique pour pallier à la voie d'assemblage qui est atteinte. Puis, l'individu a recours à sa mémoire, dans le cas où il aurait déjà rencontré à plusieurs reprises ce mot, afin de le retrouver plus rapidement. Pourtant, même avec de l'entraînement,

l'automatisation de la lecture ne se fait pas et des erreurs comme des substitutions phonétiques (confusion b/p, f/v, j/ch, t/d), des additions et des omissions de lettres (« larme » au lieu de « lame », « oser » au lieu de « osier ») restent présentes. Enfin, tout ceci engendre une mauvaise disposition pour lire les non-mots, appelés aussi logatomes ou pseudo-mots, car ces derniers n'ont aucune signification, et donc dans cette configuration le lecteur ne peut s'aider ni du sens du mot ni de sa mémoire.

2.2.2 La dyslexie visuo-perceptuelle

Le second type de dyslexie est appelé la dyslexie visuo-perceptuelle. D'autres termes équivalents, comme la dyslexie lexicale, de surface, morphémique (Seymour, 1986), de type P (Bakker, 1992) ou encore dyseidétique (Boder, 1973) sont également utilisés dans la littérature. Elle représente environ 10% des dyslexies. Dans ce cas, la difficulté majeure du lecteur est de ne pas réussir à reconnaître visuellement l'image globale des mots. Il ne parvient pas à accéder au calepin visuo-spatial, encore appelé « la boîte aux lettres du cerveau » par Stanislas Dehaene (2011), qui stocke les images mentales de la forme des mots. Cela va constituer un frein au processus d'automatisation. Ainsi, comme c'est la voie d'adressage qui est atteinte, le sujet va continuellement avoir recours à la voie d'assemblage, c'est-à-dire d'utiliser pour chaque mot les correspondances graphème-phonème. Ceci entraîne une lecture très lente et hachée. De surcroît, cela engendre un accès difficile au sens pour deux raisons. La première est qu'à la fin de la lecture d'une phrase ou d'un paragraphe, l'individu ne sait plus de quoi cela parlait au début car il a mis trop de temps pour lire. La seconde est que comme toute l'attention du sujet est portée sur le déchiffrement grapho-phonémique, l'effort cognitif constant qu'il fournit ne lui permet pas de réaliser la situation de double tâche, qui est le décodage et la compréhension.

Par ailleurs, ce sujet qui présente des problèmes de perception visuelle et spatiale ne parvient pas à distinguer certaines lettres dont la différence se situe dans leur orientation comme u/n, ou encore b/d. Ainsi, on retrouve des erreurs tels que des substitutions visuelles (p/q), mais aussi des inversions et des transpositions de lettres (« col » au lieu de « clo », « épique » au lieu de « équipe »). On constate également chez ce lecteur des sauts de ligne lors de la lecture à voix haute avec un repérage difficile dans la page du texte.

Enfin, comme l'individu utilise essentiellement la voie d'assemblage et qu'il ne parvient pas à accéder à son lexique interne visuel, alors la lecture des mots irréguliers comme « monsieur »

ou « femme » lui est difficile. Il en est de même pour les mots présentant certaines lettres qui ne se prononcent pas comme « doigt » ou « pied ».

2.2.3 La dyslexie mixte

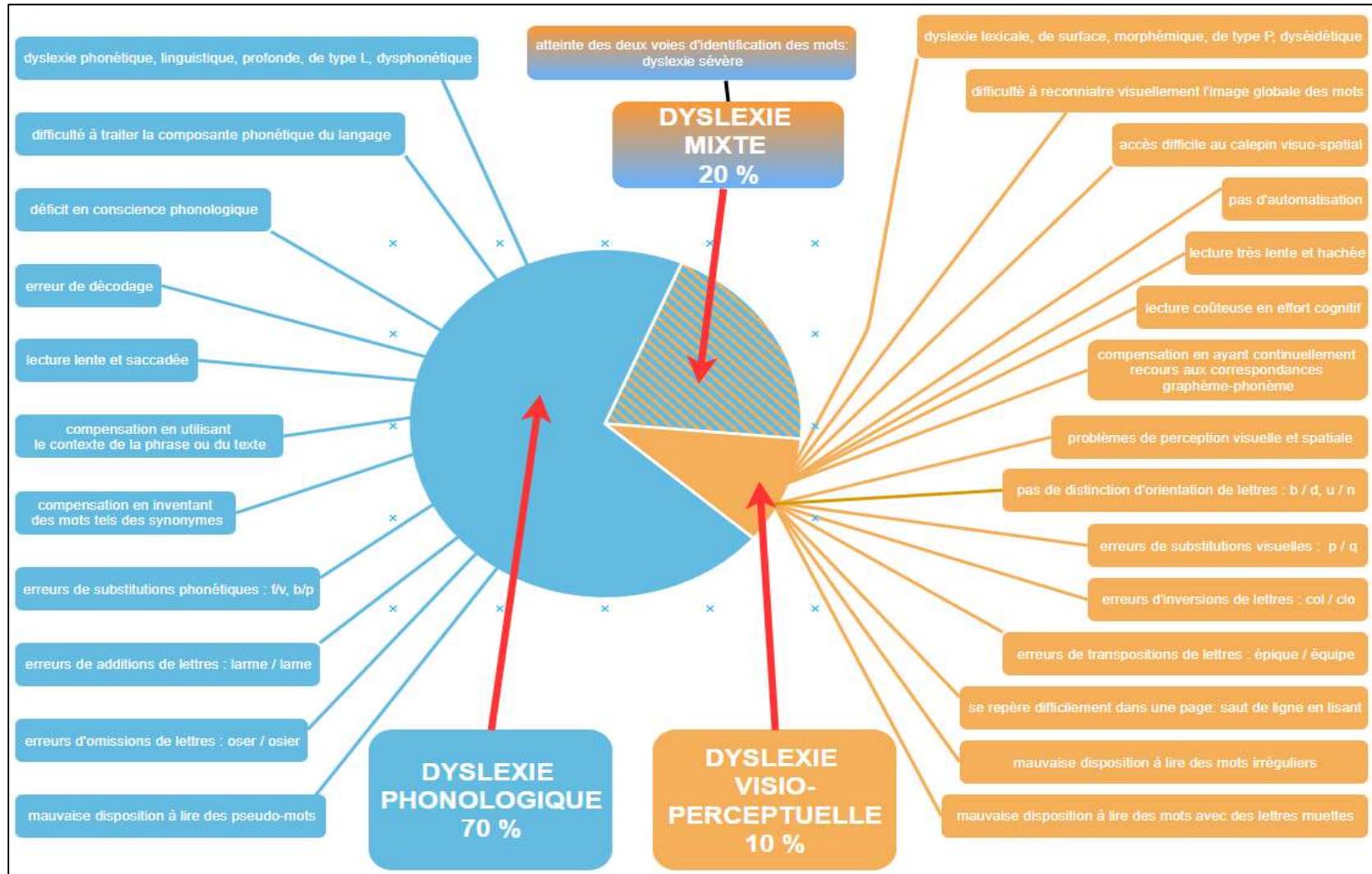
Le troisième type de dyslexie est appelé la dyslexie mixte car elle regroupe les deux types de dyslexies citées ci-dessus. Cette combinaison des deux profils de dyslexies entraîne chez le sujet une atteinte des deux voies d'identification des mots qui sont l'assemblage et l'adressage. Dépourvu de ces deux procédures, le lecteur présente donc une dyslexie sévère. Cette dyslexie représente 20 à 25 % des dyslexies.

Dans cette section nous observons que plusieurs profils de dyslexie existent, chacun caractérisé par des manifestations de difficultés de lecture différentes. Afin de les synthétiser, nous proposons une schématisation ci-après dans la figure 7. Ainsi, quand nous évoquons la dyslexie développementale, en réalité nous devrions mentionner les dyslexies développementales puisqu'elles sont plurielles. De fait, leurs causes le sont-elles aussi ? C'est ce que nous cherchons à découvrir dans la section suivante en nous interrogeant sur l'étiologie de ces dyslexies.

2.3 L'étiologie de la dyslexie

Le substantif féminin « étiologie » est défini comme l'étude des causes pour lesquelles les choses sont ainsi. Ce terme trouve son origine dans le grec ancien « *aitiologia* » qui signifie « recherche, exposition des causes » (CNRTL, s. d.-d). En médecine, l'étiologie est l'étude des causes des maladies. Dans notre cas, elle correspond à l'étude des causes de la dyslexie. Depuis plusieurs années, beaucoup de travaux de chercheurs (Ramus et al., 2003; Peterson et Pennington, 2015; Fostick et Revah, 2018) ont été réalisés afin de trouver les causes des dyslexies développementales. Les résultats sont nombreux et attestent de plus d'une dizaine de facteurs possibles engendrant une dyslexie. Ces derniers peuvent appartenir à différents domaines telles que la neurologie, l'anatomie, la physiologie, la génétique, la psychologie, la sociologie ou encore la pédagogie. Dans les rubriques suivantes, nous déroulons les différentes causes recensées dans la littérature explorée qui peuvent expliquer les difficultés de lecture d'une personne dyslexique.

Figure 7 : Schématisation des trois types de dyslexie développementale



(Production de l'auteure)

2.3.1 Un déficit phonologique

La dyslexie peut trouver son origine au niveau des capacités phonologiques de l'individu (Saksida et al., 2016). Elles seraient limitées, ce qui engendrerait un déficit de la conscience phonologique. Ainsi, le lecteur aurait des difficultés à mobiliser et à manipuler les syllabes, les rimes et les phonèmes, ce qui l'empêcherait de réaliser les correspondances graphophonologiques, étape indispensable pour accéder à la lecture.

Au niveau cérébral, un dysfonctionnement de certaines régions corticales, responsables de l'encodage phonologique, a été mis en évidence chez des enfants dyslexiques. En effet, les régions temporo-pariétales et plus précisément le gyrus supramarginal montre une hypoactivation dans l'hémisphère gauche lors de tâches de jugement de rime (Hoeft et al., 2006), c'est-à-dire lors d'exercices relevant de la conscience phonologique. Ces résultats ont été comparés avec des enfants de même âge chronologique et de même âge de lecture ne présentant pas de dyslexie. Ceci excluant ainsi une cause d'immaturité. Il y aurait donc un dysfonctionnement cérébral des sujets dyslexiques relevant de difficultés phonologiques.

2.3.2 Un déficit de la perception auditive

La dyslexie peut également trouver son origine dans la perception auditive de l'individu. En effet, les troubles de la lecture peuvent s'expliquer par une altération de la perception auditive. Nous pouvons expliciter cinq éléments qui peuvent justifier de ce type de déficit.

Tout d'abord, le premier élément concerne la prosodie. Ce substantif féminin trouve son origine du latin « *prosodia* » qui signifie « accent tonique ou mélodique », via du grec « *prosodia* » qui veut dire « chant pour accompagner la lyre », « variation dans le niveau de la voix » et « prononciation d'une syllabe accentuée » ; dans le domaine de la grammaire, elle est définie comme « la prononciation régulière des mots conformément à l'accent et à la quantité » (CNRTL, s. d.-j). Chaque personne perçoit la prosodie de sa langue de manière personnelle. La prosodie correspond aux variations d'intonation et de rythme du langage parlé. Elle possède des caractéristiques acoustiques qui enregistrent les modulations d'amplitude et de fréquence des signaux auditifs perçus. Ainsi, certains dyslexiques présenteraient des difficultés à repérer ces traits prosodiques telles que les modulations d'amplitude, de fréquence et de rythme (Molinaro et al., 2016). Ceci les empêcherait de repérer les unités linguistiques, mais aussi de construire des représentations phonologiques des mots de notre langue.

Ensuite, l'individu peut être incapable d'associer un percept acoustique à une catégorie donnée. C'est ce qu'on nomme la perception catégorielle. En effet, il existe des intonations différentes pour un même son, et même si ce son est prononcé différemment nous savons qu'il s'agit du même phonème. Nous le rangeons donc dans une catégorie phonologique et ainsi chaque percept acoustique est associé à une catégorie donnée. Or, certaines personnes dyslexiques ne possèdent pas cette perception catégorielle et utilisent constamment une perception allophonique, c'est-à-dire qu'elles passent constamment par des critères sonores et non linguistiques (Serniclaes et al., 2004). Cette raison expliquerait les faiblesses des représentations phonologiques pour ces dyslexiques.

Puis, comme nous l'avons décrit plus haut, la perception auditive implique tant la fréquence que l'amplitude d'un son. Paula Tallal a proposé une théorie concernant les variations de fréquence, selon laquelle des dyslexiques auraient des difficultés à traiter les changements rapides de signaux acoustiques de la parole (Tallal, 1980). D'ordinaire un individu doit pouvoir différencier les sons en 40 millisecondes. Or, certains dyslexiques mettraient plus de temps et présenteraient des difficultés pour exécuter des jugements temporels rapides. Ainsi, ce déficit de traitement rapide serait un obstacle à la conscience phonologique et par conséquent à l'apprentissage de la lecture. En outre, dans une revue de littérature, Leppänen et son équipe décrivent une étude où ils montrent que des dyslexiques ont des difficultés à percevoir différentes fréquences, résultats qu'ils ont corroborés avec des travaux en neuro-imagerie (Hämäläinen et al., 2012).

Par ailleurs, une autre théorie appelée « *rise-time* » est apparue concernant les variations d'amplitude de la parole. Plus précisément, elle traite du temps de montée en amplitude lors d'un signal auditif. Elle explique que des dyslexiques rencontreraient des difficultés à discriminer la durée du changement d'amplitude des sons en montée et ceci même si le débit est lent (Goswami et al., 2002; Richardson et al., 2004; Hämäläinen et al., 2005). Ainsi, cela gênerait le développement de la conscience phonologique car une relation a été constatée entre cette dernière et la sensibilité à la durée de changement d'amplitude.

Enfin, le dernier dysfonctionnement en relation avec la perception auditive peut venir du système magnocellulaire auditif. Ce dernier est constitué de cellules dites magnocellulaires auditives situées dans le corps genouillé médian du thalamus, celui-ci étant le dernier relais avant l'entrée dans le cortex pour toutes les informations sensorielles excepté les olfactives. Ainsi, ce système magnocellulaire est responsable du traitement des informations auditives. Un déficit de celui-ci entraîne des difficultés à traiter des informations rapides par voie auditive.

En outre, Talcott et ses collaborateurs ont conclu dans une étude que le traitement magnocellulaire auditif a des conséquences sur les compétences phonologiques (Talcott et al., 2000). Par conséquent, on comprend aisément les difficultés de lecture des personnes souffrant de ce déficit. D'ailleurs, ces chercheurs ont précisé que le traitement magnocellulaire général (auditif et visuel) est en corrélation avec le niveau de lecture des enfants tout venant.

2.3.3 Des troubles visuels

La dyslexie peut aussi être due à des troubles visuels chez certains individus. En effet, dans un premier temps la lecture débute par une analyse visuelle. Si cette dernière n'est pas correctement réalisée, alors la prononciation lors du décodage sera erronée et la compréhension ne pourra pas se faire. Ainsi, les difficultés à lire pour des personnes dyslexiques peuvent s'expliquer par quatre éléments relevant de troubles visuels.

Tout d'abord, pour voir, chaque individu possède un processus de traitement visuel qui part de la rétine pour aller jusqu'au cortex visuel en passant par un système appelé le système visuel magnocellulaire. Un trouble de ce dernier entraîne des difficultés à contrôler les mouvements oculaires. Ainsi, le sujet présente ce que l'on nomme un défaut de la motilité oculaire, qui se traduit par une incohérence ou une instabilité des yeux. Le système magnocellulaire ne parvient pas à jouer son rôle de compensateur des microsaccades lors de fixations de l'œil en action de lecture. De ce fait, les dyslexiques qui présentent ce déficit visuel magnocellulaire ont l'impression de lettres instables, qui bougent, ondulent et se chevauchent. Par conséquent, lire devient une tâche difficile de par cette mobilité des lettres qui forment les mots.

Ensuite, un autre trouble d'ordre visuel peut se manifester chez certaines personnes, affectant l'apprentissage de la lecture. Quand nous lisons nous avons besoin d'une attention visuelle afin de reconnaître tous les éléments d'un mot, d'une phrase et d'un texte. Cette attention visuelle se déplace d'un élément à un autre rapidement afin que la lecture puisse se réaliser de la manière la plus fluide possible. Or, chez certains dyslexiques, la vitesse de déplacement attentionnel visuel est plus lente que chez les normo-lecteurs. Ils présentent donc un déficit du déplacement temporel de l'attention visuelle, ce qui les empêche d'obtenir de la fluence dans leur lecture.

En outre, chaque lecteur possède des capacités visuelles qui lui permettent de distinguer dans un mot toutes les lettres qui se suivent. Or, chez certains dyslexiques il se produit un

encombrement visuel excessif qui les empêche d'identifier toutes les lettres (Spinelli- et al., 2002; Martelli et al., 2009). Ceci pose un problème car quand nous lisons nous devons traiter des lettres entourées d'autres lettres soit au sein d'un mot, mais également dans une phrase ou encore dans un texte. Même si naturellement de par le phénomène du « *crowding* », il est normal dans un mot de trois lettres de mieux voir les deux lettres externes plutôt que celle du milieu, certains dyslexiques présentent des performances moindres par rapport aux normo-lecteurs dans la reconnaissance des lettres centrales. Ceci entraîne donc chez eux des difficultés pour lire à une vitesse dite normale. Néanmoins, une compensation peut se réaliser facilement en augmentant l'espace entre les lettres, ce qui améliore leur vitesse de lecture.

Enfin, tous les individus ont des capacités à traiter simultanément un nombre d'éléments visuels distincts au sein de plusieurs éléments, c'est ce que l'on nomme l'empan visuo-attentionnel. Sylviane Valdois, directrice de recherche au Centre national de la recherche scientifique (CNRS), a montré que certains dyslexiques présentent une réduction de l'empan visuo-attentionnel (2015) aussi bien face à des lettres, que des signes, des chiffres (Valdois et al., 2012), ou encore des formes géométriques (Lobier et al., 2012). Ainsi, dans un mot écrit ils ne peuvent identifier qu'un nombre limité de lettres en une seule fixation, et la restitution de la prise d'information sur ces lettres est incomplète. Ceci a des répercussions puisque les personnes effectuent des erreurs de lecture, et davantage sur les longs mots puisqu'ils contiennent beaucoup de lettres à identifier. En conséquence, cela a un impact également sur la vitesse de lecture.

2.3.4 Un déficit procédural

La dyslexie peut également découler d'un empêchement à pouvoir réaliser la lecture de manière automatique chez certaines personnes. En effet, une lecture experte demande une automatisation des différents processus mis en jeu dans l'activité de lire, ce qui permet de lire jusqu'à cinq mots à la seconde. Pour cela, le sujet a recours à un apprentissage dit procédural, tout en mobilisant différentes mémoires dont la mémoire procédurale. Lors d'un apprentissage procédural, le sujet va acquérir de nouvelles connaissances ou de nouvelles habiletés, selon ce qu'il cherche à automatiser, grâce à la répétition d'une même tâche. Dans le cas de la lecture, l'individu va utiliser l'apprentissage procédural perceptivo-verbal. Ainsi, après les phases d'encodage et de consolidation, le sujet récupère les informations automatiquement par un mode implicite, non déclaratif. Selon Ramus (2003) et Lum (2013), les dyslexiques

présenteraient un déficit de l'apprentissage procédural et de la mémoire procédurale. Ceci les empêcherait de reconnaître les mots automatiquement, sans effort et sans contrôle volontaire. De fait, ce trouble de l'automatisation engendrerait chez les personnes dyslexiques des difficultés dans les habiletés phonologiques, mais aussi de lecture fluide, et également dans le domaine moteur.

Au niveau cérébral, un dysfonctionnement de certaines zones cérébrales situées sous le cortex, nommées régions sous-corticales, est mis en cause pour expliquer ce déficit de l'automatisation. Ainsi, le cervelet et les noyaux gris centraux ou profonds, encore appelés les ganglions de la base, présenteraient un problème de fonctionnalité, et il y aurait une altération des boucles cortico-striatales (boucle entre le cortex et le striatum) et cortico-cérébelleuses (boucle entre le cortex et le cervelet) (Nicolson et Fawcett, 2007). Les personnes dyslexiques possèderaient donc un fonctionnement atypique de ces régions sous-corticales entraînant des difficultés dans l'automatisation de leur lecture. Plusieurs études ont ensuite confirmé cette théorie (Lum et al., 2013; Krishnan et al., 2016; Stoodley, 2016).

2.3.5 Des anomalies anatomiques cérébrales

La dyslexie peut avoir pour cause des anomalies au niveau de la structure du cortex chez certaines personnes. Plusieurs anomalies anatomiques ont été recensées par différents chercheurs, soit lors d'une analyse post-mortem, soit à l'aide de la neuro-imagerie.

Tout d'abord, Albert Galaburda, neurologue et professeur de neurologie et de neurosciences à l'école médicale d'Harvard, ainsi que d'autres chercheurs ont découvert qu'il existe deux différences structurales en analysant cinq cerveaux de personnes dyslexiques décédées dans un accident de voiture, en comparaison avec des adultes non dyslexiques (Galaburda et Kemper, 1979; Galaburda et al., 1985). En premier lieu, ils remarquent des ectopies qui sont des amas de neurones situés hors de leur place habituelle. En effet, ils devraient être dans la couche corticale. Or, ils les observent dans la couche la plus externe du cortex. Cette migration neuronale anormale engendre des agrégats qui désorganisent la substance grise du cerveau, ce qui gêne les connexions et engendre une activation plus faible de certaines zones cérébrales. Des ectopies ont été retrouvées dans la région périsylvienne gauche, lieu qui est en lien avec le langage et donc utilisé pour la lecture. Par conséquent, une hypoactivation de cette zone peut expliquer les difficultés de lecture. Dans un second temps, les analyses du neurologue Galaburda et de son équipe croisent les résultats de Geschwind et

Levitsky concernant une région du cortex appelée le planum temporale (Geschwind et Levitsky, 1968). Ils font apparaître que le cerveau des personnes dyslexiques ne présente pas d'asymétrie droite/gauche au niveau des planum temporaux. En effet, habituellement chez chaque individu, le planum temporale gauche est toujours considérablement plus développé que le droit. Chez les dyslexiques cette asymétrie est absente montrant un planum temporale gauche plus petit que la normale. Or, cette région est en lien également avec le langage, ce qui peut aussi expliquer les difficultés de lecture.

Ensuite, une autre différence morphologique est observée au niveau du corps calleux, partie située dans la substance blanche qui joint les deux hémisphères du cerveau reliant les différents lobes. Chez certains dyslexiques, la taille et/ou la forme du corps calleux ne présentent pas les mêmes caractéristiques que chez les normo-lecteurs. Or le corps calleux, qui est constitué de faisceaux d'axones, joue un rôle central dans le transfert d'informations et dans leur coordination entre les deux hémisphères. Par conséquent, des difficultés en lecture pourraient s'expliquer par ces irrégularités qui auraient un impact dans la communication des informations d'un hémisphère à l'autre, mais aussi d'un lobe à l'autre. En effet, l'acte de lire demande l'utilisation des différents lobes. Néanmoins, ces observations pourraient être dues aux anomalies d'asymétrie du planum temporale citées ci-dessus.

Enfin, chez des dyslexiques une distinction est constatée au niveau du thalamus, masse ovoïde de pair située chacune dans un hémisphère. Les thalami traitent et transmettent les informations sensorielles aux diverses aires cérébrales par l'intermédiaire de plusieurs noyaux, dont le corps géniculé latéral et le corps géniculé médian. Respectivement, ces derniers traitent et transmettent les informations visuelles et auditives. Une étude utilisant l'imagerie par résonance magnétique (IRM) a constaté un défaut d'asymétrie du corps géniculé latéral chez des adultes dyslexiques, alors qu'à la normale ils sont symétriques (Giraldo-Chica et al., 2015). D'autres singularités ont également été observées au niveau des couches magnocellulaires des deux noyaux du thalamus cités ci-dessus. En effet, pour le premier elles présentent une désorganisation et contiennent anormalement des neurones de petite taille, quant au second, il y a un nombre disproportionné de neurones de taille réduite. Or, ces cellules magnocellulaires sont responsables de la correspondance des informations sensorielles de nature rapide. Par conséquent, ce relais qui présente des irrégularités peut engendrer une fonctionnalité moindre et donc entraîner des difficultés en lecture, quand on sait que les deux types d'informations visuelle et auditive sont essentiels pour lire.

Notons que plus loin, au début du chapitre quatre, nous apportons des informations sur les neurones, notamment sur leur structure et leur fonctionnement.

2.3.6 Des anomalies fonctionnelles cérébrales

La recherche sur la dyslexie bénéficie aujourd'hui des progrès de la science. Elle peut trouver par l'intermédiaire de l'imagerie fonctionnelle des explications quant aux difficultés de lecture de certains dyslexiques. En effet, cette dernière permet d'observer directement les agissements du cerveau et d'obtenir des informations spatiales (IRMf et PETscan) et temporelles (PE, ERP, MEG) au cours de tâches cognitives telle que la lecture.

En 2003, Bruce MacCandliss, docteur et professeur à l'Université de Stanford spécialisé en neurosciences cognitives, ainsi que d'autres auteurs montrent à l'aide de l'imagerie qu'il existe une zone dans le cerveau spécialisée dans la reconnaissance visuelle des mots écrits, qu'ils nomment la Visual Word Form Area ou la VWFA (Mccandliss et al., 2003), traduit en France par l'aire visuelle de la forme des mots. Elle est aussi appelée la boîte aux lettres du cerveau par Stanislas Dehaene (2011, p. 27). Elle se situe dans le gyrus fusiforme de l'hémisphère gauche à la confluence du sillon occipito-temporal, donc juste à côté du cortex visuel.

D'autres auteurs (Georgiewa et al., 1999; Helenius et al., 1999; Georgiewa et al., 2002) ont montré grâce à l'IRMf combinée à la méthode des potentiels évoqués (PE) qu'il existe chez certains dyslexiques un déficit de traitement pré-lexical. C'est-à-dire qu'il y a une sous-activation de l'aire qui entre en jeu avant l'accès au lexique, c'est à dire du cortex temporo-occipital inférieur gauche, soit l'aire de la forme visuelle des mots ou la VWFA. En effet lors d'une tâche de lecture chez un normo-lecteur, la VWFA se met en action environ vers 150 ms après le stimulus visuel. Or des analyses électro et magnéto encéphalographiques montrent que chez des personnes dyslexiques, cette zone se met en action vers 300 ms. Ainsi, ce temps de latence entraîne une déficience du traitement pré-lexical qui peut expliquer des difficultés en lecture.

Enfin, toujours grâce à l'imagerie fonctionnelle, des chercheurs (Démonet et al., 2004) ont pu établir une représentation spécifique du cerveau des dyslexiques grâce une méta-analyse qui a permis une précision indiscutable. Ils ont constaté plusieurs zones de l'hémisphère gauche en situation de dysfonctionnement. Il s'agit de l'aire pariétale inférieure qui comprend le territoire de Geschwind (gyrus supramarginal et angulaire), de l'aire temporale supérieure qui

inclut l'aire de Wernicke, de la zone frontale inférieure qui est proche de l'aire de Broca, et de la zone de la vision des mots écrits. Par conséquent, un déficit d'activation de ces différentes régions du cerveau peut expliquer les difficultés de lecture des personnes dyslexiques.

2.3.7 Un déficit de la fonction cérébelleuse

La dyslexie peut aussi provenir d'un dysfonctionnement du cervelet chez certains sujets dyslexiques. Le terme de cervelet vient du latin « *cerebellum* » qui signifie « petit cerveau ». Il est composé de deux lobes latéraux à la surface plissée qui rappellent les deux hémisphères cérébraux, d'où leur nom d'hémisphères cérébelleux. De plus, sa structure présente des couches identiques à celle du cerveau puisque la couche externe est constituée de substance grise, la région médullaire de substance blanche et il y a également la présence de noyaux profonds. Ainsi, sa fonctionnalité s'apparente à celle du cerveau. Le cervelet est une structure régulatrice de la fonction motrice, sans être pour autant responsable du mouvement, elle gère la posture, la coordination des gestes et l'équilibre. Grâce à l'imagerie, on constate que le cervelet intervient dans diverses tâches cognitives telle que la lecture. A l'aide de l'IRM, Rae et ses collègues ont constaté qu'il existe chez des personnes dyslexiques une symétrie plus importante du cervelet en comparaison à des normo-lecteurs (Rae et al., 2002). De plus grâce à la tomographie par émission de positons (TEP), Nicolson et Fawcett ont constaté que lors de tâches motrices certains dyslexiques présentent une activation cérébelleuse plus faible que les sujets du groupe contrôle (Nicolson et al., 1999). Ceci pourrait expliquer certains troubles moteurs comme celui de l'acquisition de la coordination observés chez certains dyslexiques. Ils remarquaient également chez ces derniers une déficience du contrôle moteur fin, ce qui pourrait engendrer des difficultés pour articuler. Enfin, comme nous l'avons vu, une lecture experte demande une automatisation des procédures de lecture allant de l'analyse visuelle en passant par la conversion de graphèmes-phonèmes jusqu'à la prononciation sans oublier les mouvements oculaires. Par conséquent, le cervelet qui joue un rôle dans l'automatisation, peut expliquer les difficultés à lire chez l'individu à plusieurs stades du processus de lecture.

2.3.8 Un trouble de la connectivité

La dyslexie peut résulter d'un trouble de la connectivité chez certains dyslexiques. En effet, lorsqu'un individu est en train de lire, ils mobilisent différents lobes du cerveau ainsi que les deux hémisphères cérébraux. Par conséquent, il est nécessaire qu'il y ait des moyens de

communication entre ces diverses zones. Pour se faire, il existe des fibres de substance blanche qui constituent de grands faisceaux de connexion intra et inter hémisphériques. Les fibres d'association servent à communiquer d'un lobe à un autre dans un même hémisphère et les fibres commissurales à échanger entre les deux hémisphères. Lors d'une tâche de lecture, la VWFA se met en relation avec d'autres régions du cortex. Il est donc essentiel que ces différentes zones soient reliées entre elles par des faisceaux. Van Der Marck et son équipe Suisse ont voulu démontrer la connectivité entre cette aire visuelle de la forme des mots et les cortex frontal inférieur gauche et pariétal inférieur gauche (Van Der Mark et al., 2011). Ainsi, il a été proposé des exercices de lecture composés de pseudo-homophones à des normo-lecteurs et à des sujets dyslexiques. Grâce à l'IRMf, ils ont observé une puissante connectivité chez les premiers alors que chez les seconds elle est totalement absente. En conséquence, ils concluent à une déconnexion fonctionnelle entre la VWFA et ces autres zones du cortex. De surcroît, une autre étude réalisée par une équipe belge a montré l'existence de deux circuits, l'un supérieur l'autre inférieur, tous deux mal câblés chez des sujets dyslexiques en comparaison avec des normo-lecteurs (Vandermosten et al., 2012). Le premier se nomme le faisceau arqué qui influe sur la voie phonologique reliant l'aire de Wernicke à l'aire de Broca, et le second est le faisceau occipito-frontal qui aide à l'efficacité orthographique reliant le cortex visuel, la VWFA à l'aire de Broca. De fait, ce mauvais câblage empêche les relations entre les différentes régions corticales, et par conséquent cette altération de la connectivité peut expliquer les difficultés de lecture chez diverses personnes.

2.3.9 Un déficit d'intégration intermodale

La dyslexie peut également découler chez certains dyslexiques d'un déficit d'intégration intermodale ou encore appelé intermodalitaire. En effet, ces sujets présentent des difficultés à faire coïncider des stimuli de nature différente lors de la réalisation d'une tâche, ce qui sous-entend que le transfert intermodal, c'est-à-dire la communication d'informations d'une modalité à l'autre, se réalise difficilement (Blau et al., 2009). De fait, les relations d'une région corticale à une autre présentent une défaillance, ce qui corrobore l'hypothèse de troubles de la connectivité cités ci-dessus. Ainsi, quand un individu lit, il utilise la vue pour reconnaître les graphèmes et l'audition pour y faire correspondre le phonème. Certains dyslexiques auraient un défaut de connectivité entre les cortex visuel et auditif. Par conséquent, une déficience de la mise en connexion de l'information visuelle avec l'auditive peut expliquer les difficultés de lecture chez certaines personnes car cette relation est primordiale pour lire.

2.3.10 Un déficit de la cognition temporelle

La dyslexie peut émaner d'un déficit de la cognition temporelle chez certains dyslexiques. En effet, on remarque chez eux diverses difficultés en relation avec la temporalité. Ils ne parviennent pas à se repérer dans le temps, à se rendre compte des durées ou de l'écoulement du temps, à suivre et à reproduire un rythme imposé, et plus finement à percevoir des sons brefs. Pourtant, pour lire l'individu a besoin d'un traitement temporel efficace, notamment il faut que le temps de latence entre les stimuli visuels et auditifs soit le plus court possible et que la discrimination auditive des phonèmes soit rapide également. Ainsi, Tallal et Merzenich ont montré que le fait d'allonger la durée d'un signal acoustique permet aux dyslexiques de mieux discriminer les sons (Tallal et al., 1996). Lors de leur étude, les exercices proposés ont permis une amélioration de la conscience phonologique des sujets dyslexiques mais n'ont pas permis d'observer un transfert au niveau de la lecture.

Par ailleurs, Thomson et Goswami (2008) ont montré que l'incapacité à savoir suivre un tempo guidé par un métronome est proportionnelle aux difficultés de lecture et d'orthographe. Il y a donc certainement un lien entre rythme et lecture. C'est pour cela que des chercheurs, comme Daniele Schön et Michel Habib, se sont intéressés à mettre en place une rééducation de la dyslexie par la musique en intégrant le rythme. En effet, la neuroimagerie a permis de découvrir des zones du cerveau communes au traitement de la lecture et de la musique qui interviennent dans la différenciation des sons. Ces aires se situent au niveau des aires auditives dans le cortex pariétal gauche et de l'aire de la parole dans le cortex frontal gauche. Ainsi, en suivant des séances de musique rythmée, des dyslexiques améliorent leur prosodie mais aussi leur capacité de lecture par un transfert de compétences. Par ailleurs, Daniele Schön précise qu'un travail de reproduction rythmique même sans musique, avec par exemple des mouvements, peut également avoir une influence sur la progression du niveau lecture de certains dyslexiques. Dans ce cas, ce serait les capacités de coordination des gestes qui progresseraient via le cervelet pour atteindre les habiletés de lecture.

2.3.11 Une influence génétique

La dyslexie peut être influencée par des facteurs génétiques. En effet, il a été observé des cas où plusieurs personnes de la même famille et de génération différente présentaient une dyslexie. Ainsi, des études familiales ont été réalisées et ont montré une prévalence dans la famille nettement supérieure à la prévalence dans la population générale. De fait, lorsqu'un

parent sur les deux est dyslexique alors leur enfant a entre 40 % et 60 % de probabilité de l'être (Chaix et al., 2017, p. 71). De plus, afin de confirmer cette influence génétique, des études de comparaison ont été effectuées avec des paires de jumeaux monozygotes et dizygotes. Il en résulte que si un des deux jumeaux monozygotes est atteint de dyslexie, alors le second a 70% de risque de l'être également. Par contre, chez des jumeaux dizygotes le pourcentage descend à 45. Ceci prouve que la génétique a une incidence sur ce trouble puisque les jumeaux monozygotes bénéficient des facteurs génétiques et environnementaux identiques, alors que les dizygotes possèdent des facteurs environnementaux identiques mais des facteurs génétiques différents. Par conséquent, une part d'hérédité est bien présente dans le trouble de la dyslexie. Des recherches au niveau du génome ont été réalisées par des équipes de chercheurs. Ils ont découvert six gènes principaux sur différentes zones chromosomiques de différents chromosomes en relation avec la dyslexie. Ces régions chromosomiques sont nommées de DYX1 à DYX9 et les gènes intitulés : DYX1C1, DCDC2, KIAA0319, ROBO1, MRPL19, C2ORF3. Nous présentons dans le tableau 3 ci-dessous, sur quel chromosome ces derniers sont localisés (The Human Protein Atlas, s. d.). Notons que les quatre premiers gènes cités sont impliqués dans le développement cérébral et que les trois premiers concerneraient plus précisément la migration neuronale. Ils pourraient donc être responsables des ectopies citées dans le paragraphe des anomalies anatomiques cérébrales en 2.3.5. De plus, le quatrième serait engagé dans la croissance des connexions ou ramifications axonales et dendritiques (Ibid 2017, p. 74). Par conséquent, l'intervention de plusieurs gènes dans ce trouble complexifie le dépistage. Ainsi ce caractère polygénique complique l'aide potentielle que pourrait apporter la médecine pour une amélioration voire une guérison de ce trouble.

Tableau 3 : Les gènes identifiés en lien avec la dyslexie

Régions chromosomiques	Gènes	Chromosomes	Implications	
DYX 1 à DYX 9	DYX 1C1	15	Développement cérébral	Migration neuronale
	DCDC2	6		
	KIAA0319	6		
	ROBO1	3		Croissance des connexions axonales et dendritiques entre les neurones
	MRPL19	2		
	C2ORF3	2		

(Production de l'auteure)

2.3.12 Une influence de l'environnement familial

Les progrès de la science font qu'aujourd'hui les raisons exprimées d'une dyslexie sont souvent d'ordre biologique (neurologique, génétique). De surcroît, l'émergence des neurosciences cognitives formule des explications d'une autre nature dite cérébrale. Or, certains auteurs comme Pierre Bourdieu (cité par Giot et al., 2019), sociologue, et Philippe Meirieu (2007), professeur des universités émérite en sciences de l'éducation, défendent l'idée d'une influence plus élémentaire en rapport avec l'environnement familial de la personne dyslexique. D'ailleurs, ce dernier auteur se permet d'écrire une note de lecture aux experts du rapport de l'INSERM sur la dyslexie (Barrouillet et al., 2007) en leur indiquant qu'il est dommage que dans cette étude n'apparaisse pas la présence de chercheurs issus des sciences sociales (sociologie et sciences de l'éducation), de l'histoire, de la philosophie et de la pédagogie. Il estime que cela aurait permis une étiologie de la dyslexie plus complète, ce qui aurait laissé sans doute une place pour l'environnement familial comme facteur d'origine.

Un autre auteur, Franck Ramus, directeur de recherche au CNRS, exprime l'idée que le développement d'un enfant issu d'un milieu défavorisé sous-entend qu'il côtoie un contexte langagier pauvre (Ramus, 2018). Or, comme nous l'avons déjà exprimé dans le 1.3.3, le langage oral joue un rôle fondamental en amont de l'apprentissage de la lecture. Plus précisément, s'il est absent ou déficient alors l'enfant n'aura pas les bonnes représentations prosodiques, phonologiques et articulatoires indispensables pour s'initier à la lecture et progresser. Ainsi, si dans le cercle familial le langage oral est peu riche (vocabulaire familial plutôt que soutenu) et mal structuré (erreur de syntaxe), alors l'enfant suivra les modèles linguistiques pauvres de ses parents et par voie de conséquence il ne bénéficiera pas des bons codes pour apprendre à lire.

De plus, les adultes de ces familles peuvent ne pas aimer ou ne pas savoir bien lire, et de fait ils ne lisent jamais devant leurs enfants. Leur rapport difficile avec les livres peut d'ailleurs exprimer une souffrance lointaine issue de leur propre période scolaire. Ainsi, ces enfants ne voyant pas leurs parents lire, ne lisent pas non plus par mimétisme. Or, sans entraînement il n'est pas possible de progresser en lecture. Cette non familiarisation avec les livres à la maison est reprise par Bernard Lahire pour expliquer le retard dans les apprentissages chez les enfants dont les parents ne montrent pas d'intérêt pour le langage écrit (1993). Dans cette même optique, nous pouvons ajouter qu'aujourd'hui la place de l'écrit est naturellement moins présente puisque ce sont les écrans qui attirent toutes les attentions. Ce déplacement de curiosité de l'écrit vers le numérique ne favorise pas une appétence à la lecture.

Outre cela, les conditions financières difficiles de ces familles laissent peu de place pour des sorties culturelles telles que la visite de musées, la découverte de pièces de théâtre, la pratique de voyages à l'étranger, la participation à des festivals, ou encore la contemplation d'expositions artistiques. Tous ces événements culturels participent aux connaissances de l'individu qui eux-mêmes sont usitées lors de la lecture. Par conséquent, cette carence d'accès à la culture impacte le niveau de lecture de l'individu.

Enfin, nous constatons que cette influence de l'environnement familial sur les apprentissages n'est pas nouvelle, puisqu'au début des années 1960 la réciprocité entre famille défavorisée, peu cultivée et résultats scolaires était déjà évoquée par Pierre Bourdieu et Jean-Claude Passeron (1964). Pour autant, aujourd'hui cette idée est toujours présente, mais Franck Ramus précise que ces facteurs environnementaux ne peuvent pas être isolés pour expliquer une dyslexie, ils interagissent avec les susceptibilités biologiques.

2.3.13 Une influence sociale

Les acteurs qui gravitent autour de la question de la dyslexie sont nombreux, tels des médecins, des orthophonistes, des orthoptistes, des enseignants, des parents. Aujourd'hui, ces personnes proposent une réponse d'entrée à ce trouble de nature autre que sociale. Or, comme le souligne Jacques Fijalkow, nous ne pouvons pas écarter une explication plus primaire qui serait celle de la société (cité par Marmion, 2010). En effet, le fait de médicaliser le trouble de la dyslexie profite aux différents protagonistes qui le côtoient. Elle permet de déculpabiliser les parents d'un défaut d'éducation et de fait de diminuer le regard des autres sur eux, d'accroître la clientèle des orthophonistes et des orthoptistes, de valider le jugement des médecins, mais aussi de ne pas rendre les enseignants fautifs en remettant en cause leurs compétences et leur pédagogie (Fijalkow, 2003, 2001). Ainsi, le fait de reléguer la cause de la dyslexie au domaine médical rendrait service à la société.

Cette médicalisation, qui n'est pas propre à la dyslexie mais qui touche également les autres troubles, engendre discrètement une accentuation des inégalités. En effet, pour un élève qui ne bénéficie pas de prise en charge de la MDPH ou de la MDA, les frais de certains spécialistes comme le psychomotricien, l'ergothérapeute ou encore le psychologue ne sont pas remboursés. Ainsi, certains parents ne peuvent pas payer les séances qui suivent le bilan. Ils décident donc de ne pas poursuivre plus loin et stoppent l'aide du professionnel. Cette disparité creuse un peu plus les inégalités entre les élèves de milieux sociaux différents (Morel, 2014)

2.3.14 Une influence psychologique

Certains enfants peuvent présenter des difficultés sévères en lecture de par un blocage psychologique. La peur d'apprendre, l'angoisse de l'échec, le manque de confiance en soi, le refus de dépasser le grand frère ou la grande sœur dans les apprentissages, la résistance à devoir grandir sont des motifs qui peuvent empêcher le jeune à accéder à la lecture. Cette auto-interdiction d'apprendre à lire peut être consciente ou inconsciente.

Pour d'autres, la présence d'un encombrement psychologique dû à des préoccupations hors scolaire, tels des problèmes familiaux (parents en conflit, divorcés, garde alternée, absence totale d'un parent de par un éloignement géographique ou un décès) empêche l'enfant d'être en mesure de se concentrer sur l'apprentissage de la lecture. Cette indisponibilité mentale ne permet pas au jeune d'acquérir une attention suffisante afin de mémoriser et d'usiter tous les éléments mis en jeu lors du processus de lecture. Ceci engendre donc un frein pour entrer et progresser dans l'acte de lire.

En outre, l'affectif peut également jouer un rôle inhibiteur dans l'apprentissage de la lecture. En effet, certains élèves « fonctionnent à l'affectif » avec leur enseignant. Bien souvent, quand les enfants sont jeunes, ils travaillent pour faire plaisir à la maitresse ou au maitre. Or, à l'âge de six, sept ans en pleine période d'apprentissage de la lecture, si les relations entre l'apprenant et l'appreneur ne sont pas plaisantes (manque de bienveillance et d'empathie du professeur) alors les conséquences sur les apprentissages peuvent être néfastes. Dans notre cas, l'enfant va se braquer et présenter une attitude hostile à l'égard de la lecture. Par ailleurs, l'affectif peut aussi intervenir dans la relation parent-enfant et atteindre la progression en lecture. Ainsi, le jeune se refuse d'apprendre à lire afin d'attirer ou de garder l'attention de ses parents car il sait que cet apprentissage est très important. Par le fait de s'interdire l'accès à la lecture, il va créer une inquiétude chez ses parents dans le but de devenir leur occupation privilégiée. Ainsi, il garde toute l'affection de ses adultes environnants et retarde son envol d'enfant grandissant.

Enfin, précisons que ce refus de progresser en lien avec la psychologie des affects était déjà évoqué au début des années 1970 par Alfred Tajan et René Volard. Dès lors, ils nommaient cet axiome la théorie psycho-affective (1971).

2.3.15 Une influence pédagogique

La pédagogie utilisée par les enseignants pour l'apprentissage de la lecture, et plus précisément la méthode de lecture sollicitée a été une polémique depuis la fin du XXème siècle et ce pendant plusieurs années. La méthode globale fut décriée allant jusqu'à être dénoncée comme étant à l'origine de la dyslexie et ayant créé une épidémie de dyslexiques. Les opinions étaient partagées, certains défendaient la méthode syllabique alors que d'autres, comme Eveline Charmeux et Jean Foucambert (1974), plaidaient pour la globale. Pour Elisabeth Nuyts (2000, 2011), l'apprentissage de la lecture par une pédagogie idéo-visuelle, silencieuse et rapide est inadapté pour apprendre à lire et engendre des difficultés sévères pouvant entraîner une dyslexie. Pour Stanislas Dehaene, la méthode globale éloigne l'enfant de la lecture et c'est une « erreur gravissime » de l'utiliser (SOS Éducation, s. d.). Pourtant, pour d'autres comme la Fédération Nationale des Orthophonistes (FNO) et la Fédération Nationale des Associations des Maîtres E (FNAME) le principe de causalité entre la méthode globale et la dyslexie (Blanchard, 2005) n'est pas établi.

Entre 1975 et 1985, la méthode globale était fortement recommandée dans les instituts de formation et donc vivement prodiguée en classe. Les instituteurs suivaient les instructions officielles de cette dite période sous l'autorité du ministre René Haby. Aujourd'hui, le ministre de l'Éducation Nationale, Jean-Michel Blanquer, plébiscite la méthode syllabique en recommandant l'enseignement systématique des correspondances graphèmes-phonèmes. Pour cela, il crée un guide à l'intention des enseignants qui fournit les recommandations pour enseigner la lecture en classe au CP (Ministère de l'Éducation Nationale de la Jeunesse et des Sports, 2019b). Cependant comme le précise Sandrine Garcia, dans les faits certains enseignants utilisent une méthode alliant du syllabique avec du global (2013). Grâce à leur expérience de terrain et en fonction des besoins de leurs élèves, ils font des choix raisonnés et peuvent avoir recours à une pédagogie mixte.

Dans cette section, nous avons développé les causes recensées dans la littérature explorée qui peuvent expliquer un trouble de la dyslexie. Somme toute, nous constatons qu'elles sont multiples. Outre cela, une personne dyslexique présente souvent en sus de sa dyslexie un ou plusieurs autres troubles. Ces derniers dits associés donnent lieu à l'écriture de la section suivante.

2.4 Les troubles associés à la dyslexie

Communément la dyslexie ne se manifeste pas seule, mais s'accompagne d'un ou d'autres troubles. Dans les rubriques ci-après, nous les citons et nous nous attardons sur celui qui est en rapport avec la motricité et plus précisément la coordination, objet de notre thèse. De plus, nous découvrons un tableau qui tente de démontrer l'existence d'une réelle relation entre le trouble de la lecture et celui de la coordination.

2.4.1 Les terminologies

Des chercheurs, notamment Kaplan au début des années 2000 (Kaplan et al., 2001) et Mogosale et Col plus récemment (Mogasale et al., 2012), démontrent que lorsqu'une personne présente un trouble des apprentissages, alors celui-ci est très souvent associé à un autre. Certains chercheurs parlent alors de comorbidités ou de troubles comorbides (Soppelsa et al., 2009) quand deux ou plusieurs troubles distincts coexistent chez la même personne. Pourtant, d'autres scientifiques remettent en question l'emploi du terme de comorbidité dans le domaine neurodéveloppemental, qu'ils considèrent appartenir au domaine médical (B. Kaplan et al., 2006). Ainsi, ils préfèrent utiliser la notion de co-occurrence pour parler de l'association de deux troubles présents ayant une fréquence plus élevée que ne voudrait le hasard. Ensuite, une troisième appellation est utilisée, celle de « constellation des dys » issue du neurologue Michel Habib, spécialiste dans le domaine des troubles des apprentissages (Habib, 2015). Cette dernière dénomination imagée donne la représentation d'un lien existant entre différents troubles. Enfin, Roselyne Guilloux en 2009 écrit un livre intitulé « l'effet domino « dys » », dans lequel cette ancienne enseignante, devenue psychologue de l'Education Nationale, conçoit qu'il existe des relations entre les différents « dys » (Guilloux et Revol, 2009). Par voie de conséquence, nous pouvons constater que ces quatre terminologies, bien que différentes, témoignent d'un consensus à propos d'une coexistence possible entre plusieurs troubles chez un même individu.

Dans la présente thèse, j'emploierai le terme de comorbidité puisque c'est celui qui est le plus répandu dans la littérature scientifique. Voyons donc quels troubles peuvent être associés à la dyslexie ?

2.4.2 Les comorbidités à la dyslexie

Beaucoup d'auteurs (Kaplan et al., 1998; Williams et Lind, 2013) affirment à propos des troubles des apprentissages : « La comorbidité est la règle plutôt que l'exception » (Kaplan et al., 1998, p. 484). Nous pouvons donc comprendre aisément que la dyslexie est rarement isolée. Selon les individus, les troubles associés peuvent être variés tels qu'un trouble spécifique du langage oral (TSLO) nommé auparavant la dysphasie, une dysorthographe (trouble de l'acquisition et de la maîtrise de l'orthographe), une dyscalculie (trouble des apprentissages numériques et des fonctions logico-mathématiques), une dysgraphie (trouble du geste graphique et de l'écriture), un trouble de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H), ou encore un trouble moteur dont le trouble d'acquisition de la coordination (TAC) appelé le trouble développemental de la coordination (TDC) depuis 2015 .

Dans cette thèse, nous nous intéressons uniquement à la comorbidité de ce dernier, en raison du fait que notre problématique comprend le concept de coordination motrice : « Quelles places pour la coordination motrice dans l'évolution de la lecture chez les enfants dyslexiques en école élémentaire ? ».

Avant 2008, plusieurs chercheurs comme Gubbay, Kaplan, Habib ou Chaix ont tenté de démontrer l'existence d'un lien entre des difficultés ou des troubles de la lecture, et des troubles d'acquisition de la coordination chez des personnes que l'on pouvait aussi qualifier à l'époque de maladroites (tableau 4).

Tableau 4 : Les troubles moteurs chez les enfants dyslexiques

Comorbidité dyslexie et TAC		
Publication	Echantillon source	Proportion de cooccurrence
Gubbay (1965)	21 maladroits	29% mauvais lecteurs
Henderson & Hall (1982)	16 maladroits	50 % mauvais lecteurs
Fletcher-Flinn, et al.(1997)	28 TAC	68% mauvais lecteurs
Kaplan et al. (1998)	81 TAC	56 % dyslexiques
O'Hare & Khalid (2002)	23 TAC	70 % mauvais lecteurs
Ho et al. (2005)	21 TAC	42.8 % dyslexiques
Habib (2007)	19 TAC	63 % dyslexiques
Publication	Echantillon source	Proportion de cooccurrence
Critchley (1974)	125 dyslexiques	27% maladroits
Mæland & Søvik (1999)	27 dyslexiques	22% TAC
Kaplan et al. (1998)	71 dyslexiques	63% TAC
Kaplan, et al.(2001)	126 dyslexiques	16 % TAC
Iversen, et al.(2005)	20 dyslexiques	60-70 % TAC
McPhillips & Sheehy (2004)	41 mauvais lecteurs	20-34 % TAC
Kooistra, et al.(2005)	63 dyslexiques	37 % TAC
Habib (2007)	177 dyslexiques	31 % TAC
Chaix et al. (2007)	58 dyslexiques (phonologiques)	40%-57% TAC
Ho, et al.(2005)	31 dyslexiques	9.7% TAC

Jover, M., Ducrot, S., Huau, A., Bellocchi, S., Brun-Hénin, F., Mancini, J. (2013). Les troubles moteurs chez les enfants dyslexiques: revue de travaux et perspectives. *Enfance*, 4, 323-347.

Ce tableau 4 que nous empruntons à Jover et al (2013) montre plusieurs études (17), publiées entre 1965 et 2007, qui se rejoignent pour prouver qu'il existe une relation entre les troubles moteurs et les élèves dyslexiques. Cette méta-analyse a d'ailleurs été réalisée dans les deux sens d'expérimentation, c'est à dire avec un échantillon source composé d'individus maladroits ou dits TAC, mais également à partir d'un panel d'études constitué de personnes dyslexiques ou mauvais lecteurs. Ainsi, nous pouvons constater qu'il existe bien une comorbidité entre la dyslexie et le TAC (appelé TDC aujourd'hui) et vice versa.

Cette section qui traite des comorbidités à la dyslexie nous permet de découvrir un tableau de synthèse d'études montrant un lien de réciprocité entre les troubles de dyslexie et de coordination. Ainsi, nous décidons d'approfondir ci-dessous les troubles moteurs et plus finement celui de la coordination afin de circonscrire ce concept dans son entièreté.

2.5 Les troubles moteurs

Tout d'abord, dans cette section, nous définissons les troubles moteurs tout en développant principalement celui du trouble développemental de la coordination. Au vu de la diversité des termes employés dans la littérature pour qualifier ce dernier, nous consacrons une rubrique sur son évolution historique. À la suite, nous présentons les conséquences que génèrent ce trouble chez les individus qui en sont atteints, où d'ailleurs nous observons que les répercussions sont multiples. Enfin, nous effectuons un rapprochement étiologique entre le trouble développemental de la coordination et la dyslexie, ce qui nous permet de découvrir l'existence de causes communes en nombre pluriel.

2.5.1 Définition du concept de « trouble moteur »

L'OMS classe les troubles moteurs dans la catégorie du handicap moteur. Ce dernier comporte l'ensemble des troubles de degrés divers pouvant aller d'une atteinte partielle à une atteinte totale de la motricité, notamment des membres inférieurs et/ou supérieurs. Cela suggère que les manifestations de ce handicap comprennent aussi bien les difficultés à se mouvoir (déplacement en fauteuil roulant ou marche de manière disharmonieuse), mais aussi de préhension (manipulation d'objets, écriture manuelle).

Un trouble moteur développemental, comme le TDC, est la conséquence d'une déficience des fonctions qui assurent les mouvements auto-générés d'un organisme et le contrôle du mouvement (Rigal, 2009). Il concerne aussi bien la motricité fine que globale. Ce trouble impacte la planification, la programmation et la réalisation du geste volontaire qui ne parvient pas à s'automatiser, même avec de la répétition. Ce manque d'automatisation entraîne d'autant plus de difficultés dans les situations de double tâche.

2.5.2 Évolution historique du concept de « trouble moteur »

Depuis le début du XX^{ème} siècle, la dénomination du trouble moteur et l'appellation des personnes atteintes par celui-ci ont évolué de pair avec la recherche scientifique. En effet, au début des années 1900 Ernest Dupré parlait de débilité motrice (1910), puis en 1925 Nikolaï Oseretky d'idiotie motrice (Dewey et Tupper, 2004, p. 12). Ensuite au milieu du siècle, les enfants qui présentaient des troubles en lien avec le développement moteur étaient caractérisés comme malhabiles, gauches. Ces personnes agissaient avec une certaine maladresse motrice, tant dans leur motricité fine que globale. Ce trouble avait pour appellation le syndrome de l'enfant maladroit. Ensuite, certains professionnels ont modifié sa dénomination pour celles qui suivent : déficience psychomotrice ou encore apraxie développementale, mais aussi dyspraxie développementale. En 1975, les individus atteints par cette pathologie, sont décrits par Gubbay comme ayant des difficultés à effectuer des mouvements précis et harmonieux malgré leur intelligence normale (Gubbay, 1975). Plus récemment, en 2000 dans le DSM-4 révisé, un consensus semble avoir été trouvé par les professionnels de santé, puisque les termes de dyspraxie développementale et de trouble de l'acquisition de la coordination (TAC) sont utilisés couramment. Par la suite en 2015 lors la sortie du DSM-5, le terme officiel est devenu « trouble développemental de la coordination » (TDC). Pourtant, aujourd'hui nous trouvons encore régulièrement le terme de dyspraxie dans notre société française (dans les titres de formation pour les enseignants, sur les sites internet d'associations de familles, dans la littérature générale, en institution scolaire). Les raisons peuvent être les suivantes : 1. Il est souvent long de faire s'approprier un nouveau terme à toute une population ; 2. Le terme de dyspraxie renvoie aux autres troubles contenant le préfixe « dys » visualisant de fait une appartenance ; 3. Ce titre générique trop étendu aurait besoin de sous-types afin d'apporter des précisions et être mieux compris. Par voie de conséquence, l'expertise collective de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM) (Albaret et al., 2019) préconise d'utiliser le terme TDC dans

les domaines de la recherche et en clinique, et de considérer pour l'instant l'appellation de dyspraxie comme son homologue dans les autres domaines.

Dans le présent travail nous emploierons donc le terme de TDC.

2.5.3 Le trouble développemental de la coordination

Le TDC est un trouble moteur neurodéveloppemental (DSM-5, 2013). A l'heure actuelle, une donnée exacte de son taux n'est pas possible à communiquer car le diagnostic est difficilement réalisable tellement le domaine est vaste avec des atteintes à différents degrés. Ainsi, ce trouble est estimé à hauteur de 5 % à 7 % de la population d'âge scolaire de 5 à 11 ans (www.ameli.fr), dont 1 % à 2 % présente une forme plus sévère. Toutefois, cette estimation est plus précise dans l'expertise collective de l'INSERM. En effet, à l'aide d'une batterie d'évaluation des mouvements chez l'enfant, nommée M-ABC-2 (Movement Assessment Battery for Children version 2), qui évalue les capacités psychomotrices des enfants et des adolescents, il peut être mesuré par un psychomotricien le niveau de coordination motrice et les impacts sur la vie quotidienne. Respectivement, la première mesure s'effectue à l'aide de tests de motricité et la seconde grâce à un questionnaire. Ainsi, l'expertise collective notifie qu'à l'âge scolaire, les prévalences du TDC varient de 1,8 % à 5,4 % quand on considère le 5^e percentile de l'évaluation M-ABC-2 comme seuil, et passe de 6,7 % à 27,7 % quand la valeur seuil considérée est le 15^e percentile. De surcroît, il est à noter qu'il existe une prédominance masculine à ce trouble avec un ratio allant de deux garçons pour une fille et jusqu'à sept garçons pour une fille (Blank et al., 2012). De plus, ce trouble peut difficilement être diagnostiqué avant l'âge de cinq ans puisqu'auparavant les systèmes perceptivo-moteur ne sont pas encore assez développés. Par ailleurs, les troubles spécifiques du langage et de la lecture représentent une comorbidité de l'ordre de plus ou moins 60 % des cas des TDC (Vaivre-Douret, 2014).

Le TDC désigne un trouble de la motricité intentionnelle et suggère que l'individu présente des difficultés pour planifier, organiser, programmer, réaliser et automatiser des gestes moteurs volontaires, aussi bien dans les actions de sa vie quotidienne, que dans son travail, ses études, mais aussi dans ses activités de détente. Ses empêchements se retrouvent tant dans les mouvements précis que généraux. Les critères de diagnostic d'une personne atteinte d'un TDC sont les suivants (American Psychiatric Association, 2015) :

A. « L'acquisition et l'exécution de bonnes compétences de coordination motrice sont nettement inférieures au niveau escompté pour l'âge chronologique du sujet compte tenu des

opportunités d'apprendre et d'utiliser ces compétences. Les difficultés se traduisent par la maladresse, ainsi que la lenteur et de l'imprécision dans la réalisation de la tâche motrice» ;

B. « Les déficiences de compétences motrices du critère A interfèrent de façon significative et persistante avec les activités de la vie quotidienne correspondant à l'âge chronologique et ont un impact sur les performances universitaires/scolaires, ou les activités préprofessionnelles et professionnelles, les loisirs et les jeux » ;

C. « Le début des symptômes date de la période développementale précoce » ;

D. « Les déficiences des compétences motrices ne sont pas mieux expliquées par un handicap intellectuel, une déficience visuelle et ne sont pas imputables à une affection neurologique motrice ».

Dans le DSM-5 en comparaison au DSM-4, il y a des points complémentaires qui détaillent les actes moteurs avec une lenteur d'exécution et un manque de précision. De plus, il est notifié que le diagnostic final d'un TDC doit être posé par un médecin. Néanmoins, la démarche de diagnostic se veut pluridisciplinaire car le médecin s'appuie sur les résultats d'une évaluation de coordination motrice réalisée au préalable par un ergothérapeute et/ou un psychomotricien. En outre, d'autres professionnels de santé, comme des neurologues, des psychologues, peuvent compléter l'évaluation motrice par l'intermédiaire d'un compte rendu réalisé dans leur domaine de compétences afin d'aider à la conclusion de la présence d'un TDC. Enfin, une écoute attentive de la famille est également importante dans l'évaluation de ce trouble.

2.5.4 Les conséquences d'un trouble développemental de la coordination

Un individu présentant un TDC se voit atteint de difficultés multiples dans des domaines variés (vie quotidienne, scolaire, sportive, sociale, affective). Au sortir de nos lectures, de nos observations à l'école, mais également de nos échanges avec des parents et des professionnels de santé, nous avons composé le tableau 5 ci-après, où nous découvrons les difficultés observées chez ces personnes présentant un TDC, puis le tableau 6 où nous distinguons des symptômes comportementaux, psychoaffectifs, sociaux et physiques liés à ce trouble.

Tableau 6 : Les symptômes liés au trouble développemental de la coordination

DOMAINES	SYMPTÔMES
Comportement	Anxiété Trouble émotionnel Peu de confiance en soi et d'estime de soi
Affectif	Situation de victimisation
Social	Intégration sociale difficile Isolement Evitement
Santé	Dépression Fatigabilité Lenteur Surpoids, obésité

(Production de l'auteure)

Toutes ces répercussions prouvent qu'une personne atteinte d'un TDC doit surmonter une suite d'obstacles dans sa vie de tous les jours. Ces difficultés quotidiennes entraînent des gênes lors de mouvements qui sont pourtant banals pour le reste de la population. Nous pourrions émettre l'hypothèse que ces empêchements moteurs auraient, pour certains, les mêmes origines que les empêchements des personnes dyslexiques en situation de lecture. Ainsi, nous allons utiliser certaines caractéristiques cliniques du tableau 5 afin de proposer un rapprochement étiologique entre le TDC et la dyslexie.

2.5.5 Rapprochement étiologique entre le trouble développemental de la coordination et la dyslexie

L'hypothèse d'une étiologie commune partielle entre le TDC et la dyslexie pourrait expliquer la comorbidité non négligeable entre ces deux troubles neurodéveloppementaux. Pour ce faire, nous sélectionnons des manifestations cliniques du TDC qui vont nous servir de support pour émettre une hypothèse sur leurs origines en se basant sur l'étiologie de la dyslexie. Une fois cette hypothèse élaborée nous confronterons l'étiologie de la dyslexie et celle d'un TDC. Cette étude analogique nous donnera des données utiles qui nous serviront par la suite lors de notre discussion.

Prenons l'exemple d'un individu, porteur d'un TDC, en train de se brosser les dents. Nous imaginons un mouvement mal coordonné de la main du sujet tenant la brosse à dents qui se déplace de haut en bas et de droite à gauche. Quelles peuvent être les causes de ses gestes mal habiles empruntées à l'étiologie de la dyslexie?

Tout d'abord, nous pouvons penser qu'un déficit procédural peut être à l'origine de la non automatisation du geste. Effectivement, concernant le TDC, des auteurs ont mis en exergue l'hypothèse d'un déficit d'apprentissage procédural (Goodgold-Edwards et Cermak, 1990). Par ailleurs, ce dernier serait lié à un trouble de la mémoire procédurale où s'opèrent deux processus différents selon qu'il s'agit d'un apprentissage par mémorisation de séquences motrices ou d'adaptations motrices (Doyon et Benali, 2005). Ces deux mécanismes mettent en jeu des réseaux cérébraux nommés les boucles cortico-striatale et cortico-cérébelleuse (Doyon et al., 2003, 2018). Nous constatons que ces deux circuits neuronaux sont les mêmes que ceux utilisés lors d'une activité de lecture dans l'apprentissage perceptivo-verbal dont nous avons parlé en 2.3.4.

Ensuite, nous pouvons présumer qu'un déficit d'intégration intermodale soit présent, puisque dans notre cas pour se brosser les dents, la personne doit faire coïncider des stimuli visuels et tactiles. Cette mauvaise communication d'informations fait supposer qu'il y ait en plus un trouble de la connectivité, puisque la relation entre les différentes régions corticales de la vision et du toucher correspondent imparfaitement. Le mouvement de brossage des dents est d'autant plus difficile ici que le contrôle visuel du sujet s'opère de manière indirecte, puisqu'il se réalise par l'intermédiaire d'un miroir. Effectivement, chez des personnes présentant un TDC, une hypothèse d'un déficit perceptif était déjà mis en valeur au début des années 1970 (Ayres, 1972). Ces individus auraient des difficultés pour intégrer les informations sensorielles intéroceptives et extéroceptives de par une altération inter et intramodale (Sigmundsson, 2003).

Puis, nous pouvons supposer la présence d'un double déficit en rapport avec la spatialité. Le premier serait en rapport avec les compétences spatiale et d'attention (altération d'attention d'orientation spatiale) et le second avec les compétences spatiale et visuelle (insuffisance visuo-spatiale). Ces deux déficits expliqueraient que le sujet présente des difficultés à se repérer sur lui-même tout en intégrant des notions de latéralité et de sens (droite/gauche et de haut/bas). Effectivement, pour les individus présentant un TDC, le schéma corporel, l'attention et les compétences visuo-spatiales (jugement de l'orientation, repérage et organisation dans l'espace) ne sont pas acquises intégralement. Royeen et Lane (Fisher et al., 1991) ont montré que pour ces personnes, leur mauvaise perception tactile et leur défaut de proprioception contribuent de

façon importante au ralentissement du développement de leur schéma corporel. Par ailleurs, d'autres auteurs (Kadesjö et Gillberg, 1998; Gillberg et Kadesjö, 2003) font un lien entre TDC et trouble de l'attention. Ils ont montré qu'environ 50 % des enfants de sept ans diagnostiqués TDC ont des symptômes modérés à sévères de TDAH laissant apparaître des comportements d'inattention avec ou sans hyperactivité et impulsivité. Ils ont prouvé également la présence d'une réciprocity entre ces deux troubles. Par ailleurs depuis une vingtaine d'années, en Scandinavie ce lien entre les déficits d'attention, de contrôle moteur et de perception, est défini par le concept de DAMP (Déficit in Attention, Motor control and Perception) (Gillberg, 2003). Enfin, certains auteurs estiment qu'il existe un déficit dans le traitement visuo-spatial chez les sujets ayant un TDC, qu'ils soient en situation de tâche motrice ou pas (Wilson et McKenzie, 1998). D'autres précisent que cela représente un sous-groupe par rapport à la totalité des TDC (Chaix et Albaret, 2013).

Enfin, nous pouvons envisager qu'il y ait un déficit de la fonction cérébelleuse. Comme nous avons pu le voir en 2.3.7, le cervelet est une structure régulatrice de la fonction motrice qui gère la coordination des gestes. Ceci expliquerait les enchainements incorrects des mouvements de brossage de dents. D'ailleurs, pour le TDC, des études ont montré la présence d'un dysfonctionnement du cervelet (Zwicker et al., 2009) et des dissemblances dans son activité lors de tâches motrices et visuomotrices en comparaison avec des individus tout venant ou neurotypiques (Zwicker et al., 2010; Zwicker et al., 2011).

Ainsi, nous constatons dans ce premier exemple, qu'il pourrait exister six causalités communes entre la dyslexie et le TDC. En prenant un second exemple de manifestation clinique issue du tableau 5, nous allons chercher s'il existe d'autres causes connexes.

Prenons maintenant l'exemple d'un sujet porteur d'un TDC en train de jouer d'un instrument de musique (violon) en suivant une partition. Nous imaginons une personne n'arrivant pas à coordonner sa première main placée sur le manche en bas du violon, et sa deuxième main en train de tenir et de bouger l'archet afin de le frotter sur les cordes. De plus, nous notons des difficultés chez cet individu à devoir lire les notes de musique sur sa partition en même temps que de jouer du violon. Enfin, le résultat sonore donne une musique disharmonieuse, non fluide et peu agréable à l'oreille. Quelles peuvent être les causes de toutes ces difficultés empruntées à l'étiologie de la dyslexie?

Tout d'abord, comme pour le premier exemple, nous supposons un déficit procédural de par le manque d'automatisation du geste, d'intégration intermodale et de connectivité de par une communication défectueuse entre les stimuli visuels, auditifs et tactiles, ainsi que de la fonction cérébelleuse de par la difficulté à coordonner les mouvements de la main droite avec ceux de la main gauche tout en lisant les notes de musique sur la partition.

Par ailleurs, nous pouvons préjuger de l'existence d'un trouble de la cognition temporelle puisque le musicien doit être capable de se rendre compte de l'écoulement du temps et plus précisément d'avoir une prise de conscience des durées, afin de jouer avec une cadence mélodique et de savoir suivre un rythme. Effectivement, chez les personnes atteintes d'un TDC, certains auteurs ont pu mettre en évidence un déficit temporel de par leur difficulté à produire des schémas de coordination rythmique (Volman et al., 2006), mais aussi de mouvements rythmiques (Van Waelvelde et al., 2006). Dans la même année, Laurence Vaivre-Douret crée une batterie d'évaluation des fonctions neuro-psychomotrices de l'enfant (Vaivre-Douret, 2006) qu'elle utilise afin de montrer les spécificités des jeunes ayant un TDC. Elle en conclut que ces derniers parviennent à s'adapter aux rythmes mais qu'ils peuvent parfois aussi se trouver en échec (Vaivre-Douret, 2007). D'autres auteurs différencient le rythme du tempo, et parlent en terme de déficit de timing pour les TDC. Pour eux le rythme a une durée propre et variable avec un intervalle de temps plus ou moins long, alors que le tempo présente des stimuli brefs dont la durée des intervalles est constante comme dans la pulsation d'un métronome. Ainsi en fonction de la tâche à accomplir ils parlent de timing perceptif ou moteur qu'il soit implicite ou explicite (Coutand, 2017). Mais dans tous les cas, que l'outil de base soit le rythme ou le tempo, ces recherches tendent à prouver qu'il existe une altération de la notion de temporalité. Ainsi, une étude de tempo moteur (timing moteur explicite) montre une moins bonne précision et une plus grande variabilité dans les réponses d'enfants de 7 à 12 ans présentant un TDC en comparaison avec un groupe témoin du même âge, lors d'exercices de synchronisation de mouvements face à des stimuli auditifs (métronome). Ces sujets présentent des temps de réponse trop longs et des difficultés à adapter leur mouvement au son donné (Rosenblum et Regev, 2013). Cette recherche rejoint les conclusions d'une autre étude de tempo moteur, mais celle-ci réalisée à partir de stimuli visuels, et qui précise l'existence d'un trouble général de synchronisation qui serait sous-jacent au trouble de la coordination (de Castelnau et al., 2007).

Ensuite, nous pouvons supposer la présence d'un déficit de la perception auditive étant donné que le musicien ne parvient pas à identifier la durée du son de chaque note mais aussi leur fréquence. Ceci pourrait expliquer l'altération du traitement et du feedback auditif. Chez

les TDC, il semblerait que les déficits de rythme seraient plus prononcés lors de stimuli auditifs par rapport au stimuli visuels (Whitall et al., 2008), et d'autant plus accentués quand la fréquence est élevée (Geuze et Kalverboer, 1994).

Enfin, nous pouvons penser qu'il y ait un déficit d'attention rendant la situation de double tâche difficile à réaliser, c'est-à-dire que le musicien ne parvient pas à utiliser son instrument et lire sa partition de manière concomitante. Il n'est pas capable de partager son attention entre ces différents paramètres. En effet, chez les personnes présentant un TDC, l'attention divisée peut être déficitaire notamment si une des deux tâches (motrice ou cognitive) est complexe (Albaret et al., 2019). Par ailleurs, la non automatisation d'une partie de la tâche occasionne une surcharge cognitive, ce qui rend encore plus difficile le partage de l'attention.

Ainsi, nous constatons dans ce deuxième exemple, qu'il existe trois autres causalités communes entre la dyslexie et le TDC. Ce constat nous permet d'établir le tableau 7 qui met en corrélation les déficits de ces deux troubles développementaux et qui nous servira d'appui lors de notre discussion dans le chapitre 7.

Tableau 7 : Rapprochement étiologique entre la dyslexie et le trouble développemental de la coordination

Les déficits dans le trouble développemental de la dyslexie	Les déficits dans le trouble développemental de la coordination
<p><i>Procédural</i></p> <ul style="list-style-type: none"> *apprentissage perceptivo-verbal *mémoire 	<p><i>Procédural</i></p> <ul style="list-style-type: none"> *apprentissage perceptivo-moteur *mémoire de séquences motrices *mémoire d'adaptations motrices
<p><i>Encéphale</i></p> <ul style="list-style-type: none"> *cervelet *noyaux gris centraux (ganglions de la base) *boucles cortico-striatales *cortico-cérébelleuses 	<p><i>Encéphale</i></p> <ul style="list-style-type: none"> *cervelet *noyaux gris centraux (ganglions de la base) *boucles cortico-striatales *cortico-cérébelleuses
<p><i>Fonction cérébelleuse</i></p>	<p><i>Fonction cérébelleuse</i></p>

Déficits dans le trouble développemental de la dyslexie	Déficits dans le trouble développemental de la coordination
<p><i>Perceptif</i></p> <p>*Auditive (rythme, intonation, modulation de fréquence et d'amplitude)</p> <p>*Visuelle (encombrement visuel excessif, empan visuo-attentionnel)</p>	<p><i>Perceptif</i></p> <p>*Auditive (rythme, intonation, modulation de fréquence et d'amplitude)</p> <p>*Visuelle *Tactile</p> <p>*Intéroceptif (proprioception)</p>
<i>Intégration intermodale</i>	<i>Intégration intermodale</i>
<i>Connectivité</i>	<i>Connectivité</i>
<p><i>Spatialité</i></p> <p>*orientation spatiale *visuo-spatiale</p>	<p><i>Spatialité</i></p> <p>*orientation spatiale *visuo-spatiale</p> <p>*schéma corporel</p>
<p><i>Temporalité</i></p> <p>*repérage dans le temps</p> <p>*notion de durée (rythme, tempo)</p>	<p><i>Temporalité</i></p> <p>*repérage dans le temps</p> <p>*notion de durée (rythme, tempo)</p> <p>*synchronisation</p>
<p><i>Attention</i></p> <p>*Attention visuelle</p>	<p><i>Attention</i></p> <p>*Attention partagée</p>

(Production de l'auteure)

Dans cette section consacrée aux troubles moteurs composés du TDC, nous avons établi un rapprochement étiologique entre le trouble de la coordination et celui de la dyslexie, et constaté que plusieurs causes sont identiques. Ceci nous laisse à penser qu'en travaillant un des deux troubles alors il pourrait peut-être y avoir une répercussion sur le second. Plus précisément, en améliorant la coordination motrice le niveau de lecture s'élèverait-il ? C'est l'hypothèse que nous tenterons de confirmer ou d'infirmer après la réalisation des tâches expérimentales en analysant les données recueillies.

L'élaboration de ce deuxième chapitre nous a permis de comprendre ce qu'est la dyslexie développementale, d'en définir précisément ces trois types et de nous rendre compte

des obstacles rencontrés par les dyslexiques pour lire. Outre cela, nous avons identifié les diverses causes possibles de ce trouble en étendant nos recherches à tous les domaines traités dans la littérature. La liste fut exhaustive mais pourtant indispensable pour maîtriser notre sujet. Une dyslexie étant rarement identifiée seule, nous avons réalisé un tour d'horizon sur ses comorbidités en nous attardant plus spécifiquement sur le TDC. Nous avons découvert toutes les difficultés que ce dernier occasionne chez l'individu dans sa vie de tous les jours. Un vrai « handicap » ! Ensuite, nous avons effectué un rapprochement étiologique entre la dyslexie et le TDC afin de nous rendre compte si des causes communes étaient recensées dans la littérature. Nous en avons conclu que oui. Par conséquent, nous nous interrogeons sur le fait que si un travail est réalisé sur l'un des troubles entraînant une progression positive constatée, alors le second pourrait évoluer positivement également. C'est la question à laquelle nous tenterons de répondre à la fin de cet écrit, dans la discussion. Pour autant, le chapitre suivant poursuit le cadre des connaissances de cette thèse en développant le concept de coordination motrice afin d'en maîtriser toutes ses caractéristiques.

CHAPITRE 3 : CARACTÉRISATION DE LA COORDINATION MOTRICE

Quand nous parlons de coordination motrice, cela nous évoque en premier lieu la réalisation de mouvements grâce à nos muscles. Or, elle n'est pas due uniquement à notre musculature mais aussi à l'action, entre autres, de notre système nerveux central. Ainsi, le besoin de définir avec justesse la coordination motrice nous paraît nécessaire afin de connaître avec exactitude ses caractéristiques, ses composantes, ses limites et son fonctionnement. C'est ce que nous allons développer dans ce troisième chapitre.

3.1 Qu'est-ce que la coordination motrice ?

Dans notre étude, si nous voulons comprendre le(s) lien(s) entre la dyslexie et la coordination motrice, nous devons connaître ce qu'est la coordination motrice dans son ensemble. C'est pour cela que s'en suivent des définitions de différentes natures qui permettent une vision complète du concept de coordination motrice. Ces dernières vont dans un premier temps nous donner une description générale, puis dans un second temps une caractérisation plus spécifique de ce concept.

Dans la locution « coordination motrice », il y a la présence de deux termes qui sont « coordination » et « motrice ». Il est donc nécessaire de définir la terminologie de ces deux mots afin de mieux se représenter ce qu'est la coordination motrice.

Le substantif « coordination » vient du latin « coordinatio » qui signifie « arrangement, coordination ». Il est défini comme « l'action de coordonner ; mise en ordre, agencement calculé des parties d'un tout selon un plan logique et en vue d'une fin déterminée » (CNRTL, s. d.-b). Aussi, le Grand Larousse le définit comme « une harmonisation d'activités diverses dans un souci d'efficacité » (Larousse et Cerquiglini, 2019). Ce terme de coordination est employé dans différents domaines tels que dans l'administration (coordination des services), la sociologie (coordination de groupe), la chimie (composé de coordination), ou encore la politique (comité de coordination ministériel). Dans notre cas, c'est le domaine médical et celui des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives (STAPS) qui nous intéressent car ils sont en rapport avec la problématique posée. Ainsi, la définition médicale de la coordination est la suivante : « processus qui assure d'une part le bon agencement des parties

d'un organe, et d'autre part la combinaison des commandes à envoyer aux appareils effecteurs » (CNRTL, s. d.-b), et celle des STAPS est : « la faculté d'organisation conduisant l'organisme de la prise d'information à la participation et à la régulation des unités motrices impliqués dans le mouvement » (Delignières et Duret, 1999, p. 82).

L'adjectif « motrice » vient du latin « motor » qui signifie « celui qui remue, qui berce ». Il a pour définition : « Qui engendre, transmet le mouvement » (Usito, s. d.) , mais également « Qui a trait au mouvement, à la capacité de mouvement ou à l'organisation du mouvement de l'homme ; se dit d'éléments anatomiques permettant le mouvement » (Larousse et Cerquiglini, 2019).

Par conséquent, les définitions des deux termes cités ci-dessus, c'est à dire « coordination » et « motrice », rendent compte de notions d'harmonie, de fluidité et de joliesse dans l'acte, d'enchaînement et de synergie de ses composants, d'efficience et de rendement dans la réponse attendue, et d'un équipement intervenant à partir de la prise d'information jusqu'au mouvement lui-même. De fait, la coordination motrice évoque la capacité qu'à l'individu de maîtriser les mouvements de son corps avec aisance et naturel, par l'intermédiaire d'organes qui suivent un processus ordonné. Julian de Ajuriaguerra, neuropsychiatre français d'origine espagnole et professeur au Collège de France, qui s'est intéressé aux troubles moteurs, de l'écriture et de la lecture, appelait cette fluence « mélodie kinétique » (Ajuriaguerra & Marcelli, 1989).

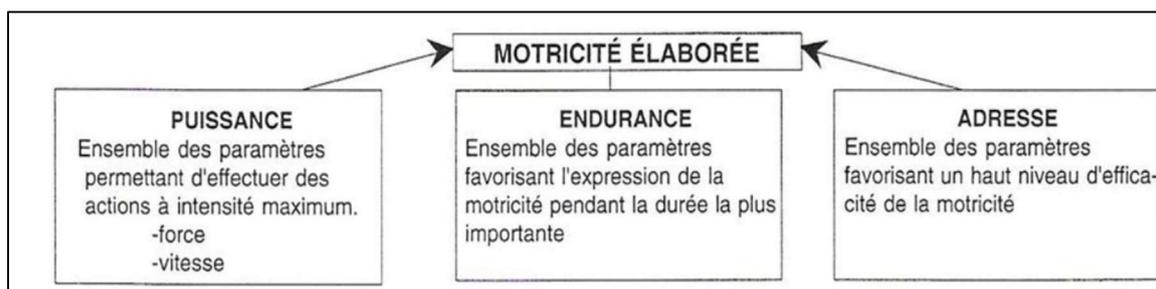
Enfin, il nous paraît nécessaire de définir également le terme de « motricité » puisque le protocole de notre étude convoque pleinement la motricité des participants. Le substantif féminin « motricité » est un mot dérivé de l'adjectif féminin « motrice » auquel est ajouté le suffixe « ité ». Il est défini comme « l'ensemble des fonctions de relation assurée par le système locomoteur (squelette, muscles) et le système nerveux, permettant les mouvements et les déplacements (acte moteur). » (Ferré et al., 1999, p. 153).

Voyons à présent comment la coordination motrice est définie en tant qu'entité par les spécialistes du domaine des STAPS et de la médecine, ce qui nous permet de spécifier ce concept.

Tout d'abord dans le domaine des STAPS, Michel Pradet (1996), professeur agrégé en Éducation Physique et Sportive (EPS) qui a enseigné entre autre à l'Institut National du Sport de l'Expertise et de la Performance (INSEP), avance l'idée que la coordination motrice

constitue une des trois grandes catégories qui sont indispensables pour acquérir des qualités physiques d'un niveau acceptable, ou plus selon s'il y a une performance à atteindre. Il affirme qu'elle fait partie des qualités physiques de l'individu au même titre que la souplesse, l'endurance, la vitesse et la force. Il la renomme « l'adresse » et lui donne le statut de grandes familles au même titre que la puissance et l'endurance, comme nous pouvons le constater dans la figure 8 ci-dessous.

Figure 8 : Les qualités physiques

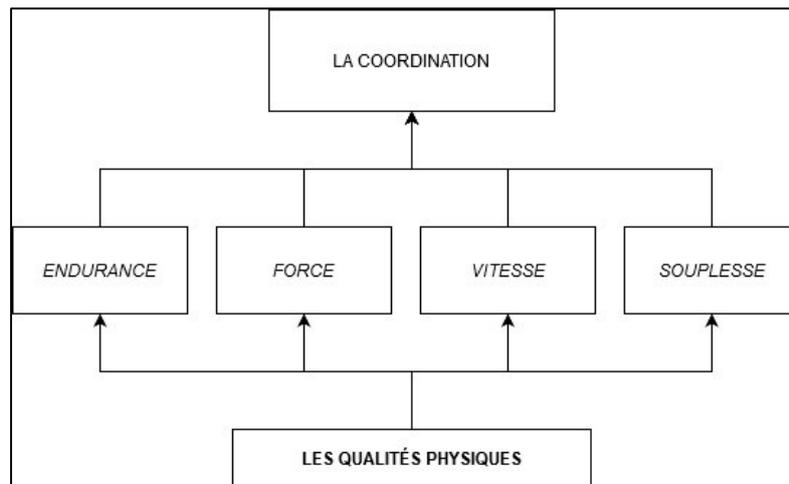


(D'après Pradet, 1996)

Il lui attribue donc une place importante dans les capacités motrices de l'individu. Ainsi, il définit l'adresse comme « la faculté d'exprimer une motricité d'efficacité maximale » (Pradet, 1996, p. 206), mais aussi comme « la faculté d'exécuter avec vitesse et efficacité, un mouvement intentionnel pour résoudre une tâche concrète » (Ibid 1996, p. 206). Enfin, pour ce spécialiste de l'athlétisme (ancien athlète et entraîneur), l'adresse regroupe les qualités de la coordination et de l'habileté. Il est à préciser que l'habileté est une capacité acquise due à un apprentissage, elle se démarque donc de la coordination. Nous parlons bien ici d'habileté motrice, mais il existe d'autres types d'habiletés comme par exemple l'habileté cognitive.

Ensuite pour Jürgen Weineck, médecin allemand spécialiste en médecine sportive, les qualités physiques du sujet sont indispensables pour acquérir des capacités de coordination motrice car elles représentent les fondations de la coordination. Il affirme : « les qualités physiques représentent, en général, le matériau de base de la coordination » (Weineck, 1992, p. 189). Ainsi il n'a pas le même point de vue que Michel Pradet, puisque pour ce dernier la coordination est une qualité physique au service de la motricité, alors que pour Jürgen Weineck les qualités physiques tels que l'endurance, la force, la vitesse et la souplesse, sont au service de la coordination, comme illustré en figure 9. Par conséquent, sans elles il ne peut pas y avoir de coordination réussie.

Figure 9 : Les qualités physiques représentent le matériau de base de la coordination

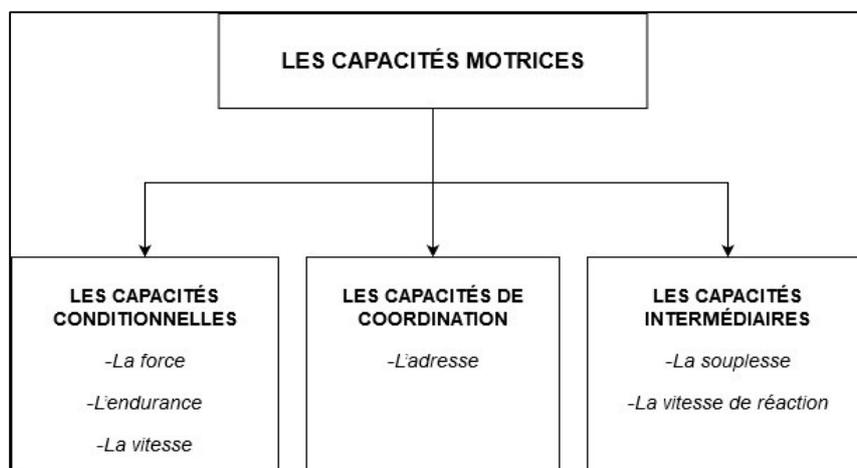


(D'après Weineck, 1992)

Par ailleurs, Jürgen Weineck donne une seconde définition de la coordination appartenant au registre anatomique : « la coordination est la coopération entre le système nerveux central et les muscles squelettiques durant le déroulement d'un mouvement » (Op.cit. 1992, p. 287).

En outre, Renato Manno, professeur de sport et biologiste, propose une autre classification des qualités physiques qu'il nomme d'ailleurs « capacités motrices » (Manno, 1992). En effet, il distingue trois grands types de capacités motrices, où les capacités de coordination constituent un des trois grands secteurs, qu'il détermine comme l'adresse (figure 10). Il emploie donc la même désignation que Michel Pradet.

Figure 10 : Les trois grands types de capacité motrice



(D'après Manno, 1992)

D'autres auteurs, comme Robert Rigal, ancien instituteur, orthopédagogue et dorénavant professeur en kinanthropologie (science ayant pour objet l'étude de l'homme en mouvement) à l'Université du Québec à Montréal, définit la coordination motrice comme « un ajustement spatio-temporel des contractions musculaires pour générer une action adaptée au but poursuivi » (Rigal, 2005b, p. 140). Plus en détail, il distingue la coordination motrice globale, qu'il décrit comme « la coordination des contractions de différents groupes musculaires produisant un mouvement adapté au but recherché » (Rigal, 2011, p. 43), de la coordination visuo-manuelle qu'il explique comme « une coordination des mouvements faisant intervenir la main en relation avec la vision » (Ibid 2011, p. 43). La coordination motrice globale est mise en jeu lors de la réalisation d'une course ou d'un saut, et la coordination visuo-manuelle intervient dans l'acte d'écrire ou pour viser une cible par exemple.

Plus anciennement, Peter Hirtz, professeur émérite de science de l'exercice et de formation à l'université en Allemagne, détermine la coordination motrice en des termes d'adresse et de capacité de coordination. Il la définit avant tout par « des processus de contrôle et de régulation du mouvement » (Hirtz, 1981, p. 348). Ainsi, il évoque la mise en jeu des différentes phases du traitement de l'information. De surcroît, il affirme que la capacité de coordination ne peut pas s'exprimer sans les facteurs de force, de vitesse et d'endurance car elle a besoin d'établir des relations étroites entre eux pour exister et être efficace. On remarque que Michel Pradet et Renato Manno utilisent le même terme que Peter Hirtz pour nommer la coordination motrice, soit le mot « adresse ».

Encore en 1988, Vladimir Nikolaevich Platanov, docteur en sciences et en pédagogie, diplômé de l'université de Kiev en éducation physique et en sport, définit la coordination motrice comme « l'aptitude à résoudre rapidement et économiquement les tâches motrices particulièrement compliquées et inattendues » (Platonov, 1988). Dans sa définition, il évoque une réponse à un acte imprévu, ce qui exclut un caractère d'apprentissage avec des répétitions en amont, mais plutôt une adaptation soudaine et efficace. Ainsi, dans sa manière de déterminer la coordination motrice, nous comprenons bien qu'il la différencie de l'habileté motrice.

Un autre auteur, Günter Frey, qui a été durant quarante ans directeur académique de la formation des enseignants en athlétisme à l'institut des sciences du sport de Tübingen en Allemagne, mentionne également des situations qui peuvent être fortuites, inopinées, dans sa définition de la coordination motrice. Il affirme que cette dernière « permet au sportif de maîtriser des actions motrices avec précision et économie, dans des situations déterminées, qui peuvent être prévues (stéréotypes) ou imprévues (adaptation), et d'apprendre relativement plus

rapidement les gestes sportifs » (G. Frey, 1977, p. 356). Ainsi, même s'il situe sa définition dans le domaine du sport, nous constatons que les notions de contrôle du mouvement, de justesse et de coût énergétique amoindrie, sont pareillement présents. De plus, il laisse entendre que la coordination peut être travaillée pour répondre à des situations que le sportif connaît et dans lesquelles il peut prévoir une réponse. C'est ce qui pourrait s'apparenter à de l'habileté motrice.

En outre, Kuznetsov introduit la notion d'environnement dans sa définition de la coordination motrice. Il la décrit comme « la capacité d'une personne [...] à adapter son comportement en fonction des exigences de l'environnement » (cité par Buer, s. d.). Ainsi, nous constatons que le contrôle des facteurs externes par l'individu jouent un rôle dans la réussite d'un acte de coordination, puisqu'il doit être en mesure de s'accommoder au contexte extérieur.

Par ailleurs, Didier Delignières, professeur agrégé en EPS et maître de conférences à l'Université de Montpellier, anciennement doyen de l'Unité de Formation et de Recherche (UFR) STAPS, affirme que « la coordination est l'expression d'un certain mode de couplage entre de multiples éléments de système » (Delignières et al., 2009, p. 327). De plus, il précise que lors d'une tâche motrice, la coordination entraîne une interaction entre différents segments corporels et que ces relations sont d'ordre spatiotemporelles.

Enfin, Nikolai Bernstein, neurophysiologiste soviétique, docteur en sciences et pionnier dans le domaine du contrôle et de l'apprentissage moteur, propose une définition qui a trait à la biomécanique. Il précise : « la coordination d'un mouvement est le processus qui consiste à se rendre maître de degrés de liberté redondants de l'organe en mouvement, en d'autres termes sa conversion en un système contrôlable » (Bernstein, 1967, p. 127). Ainsi, il explique qu'une coordination réussie permet à l'individu de contrôler chaque degré de liberté autorisé par les articulations et monopolisé lors du mouvement (en translation et en rotation dans les trois axes x, y, z).

Ces définitions de dix auteurs de nationalité, de génération et de parcours professionnel différents, impliqués fortement dans le domaine qui nous intéresse, nous permettent de donner des critères essentiels de la coordination motrice. Tous réunis, ils engendrent une action motrice coordonnée réussie. Or, nous constatons que certains de ces paramètres sont observables lors du mouvement, alors que d'autres ne le sont pas. Il existe donc des événements qui précèdent l'acte moteur, et qui ne sont pas visibles. Ainsi, notre revue de littérature nous permet d'établir le tableau suivant présentant les éléments antérieurs à l'action et ceux qui y sont concomitants.

Tableau 8 : Les critères non observables antérieurs à un acte moteur coordonné et ceux observables lors d'une action motrice coordonnée.

Critères ANTERIEURS à l'action <i>non observables</i>	Critères CONCOMITANTS à l'action <i>observables</i>
une économie d'énergie cognitive	une économie d'énergie motrice
une planification et une programmation motrice	une maîtrise des actions volontaires
un accord entre les paramètres espace/temps	une fluidité et une harmonie dans les gestes
un processus de contrôle et de régulation	une précision dans le mouvement
un traitement complet des informations	une efficacité dans la réponse
une adaptation en fonction de l'environnement	une action motrice adaptée à un but poursuivi
une interaction entre plusieurs segments corporels	une maîtrise entre plusieurs segments corporels
une coopération entre le système nerveux central et les muscles squelettiques	un enchaînement des contractions de différents groupes musculaires
une gestion des degrés de liberté articulaire	un contrôle des degrés de liberté articulaire

(Production de l'auteure)

En conséquence de ce tableau 8 ci-dessus, nous nous rendons compte que la coordination motrice n'est pas qu'une affaire de motricité. En effet, des manifestations internes se produisent. Elles s'opposent à ce que l'on nomme « la boîte noire », qui est un système agissant sans action intérieure. Sauf qu'aujourd'hui cette boîte noire peut être révélée car la technologie médicale est en mesure d'explorer et de décrire le fonctionnement interne de l'individu. Ainsi dans notre étude, nous prendrons en compte les critères moteurs, mais également cognitifs et sensitifs du sujet afin de traiter de manière complète ce concept du troisième chapitre. C'est ce que nous verrons plus loin dans la section 3.3.

Maintenant que nous avons une vision plus large de la coordination motrice, il est nécessaire d'y apporter des précisions en vue de pouvoir la travailler et l'améliorer lors des exercices qui seront proposés dans notre expérimentation. C'est pourquoi la section suivante s'intéresse et détaille les différentes composantes de la coordination.

3.2 Les composantes coordinatives ou les capacités de coordination

Une coordination motrice efficace est le résultat de la combinaison de plusieurs composantes coordinatives, appelées également les capacités de coordination selon les auteurs.

En effet, Kurt Meinel et Gunter Schnabel (1987), Erwin Hahn (1991), ou encore Jürgen Weineck (1996), parlent en terme de composantes individuelles de la capacité de coordination, alors que d'autres, comme Renato Manno (1992), utilisent comme dénomination les capacités de coordination. Ces composantes coordinatives ou ces capacités de coordination étant multiples, elles donnent un caractère complexe à la coordination motrice. W Farfel (1979) affirme que pour la plupart, elles ne sont pas liées entre elles et peuvent donc être travaillées de manière isolée. Ainsi, il est intéressant de lister ces capacités de coordination car elles vont nous servir de référence, de point d'appui, lors de la construction de notre expérimentation. En effet, les exercices de coordination devront atteindre toutes les capacités de coordination afin d'être certain d'avoir travaillé la coordination motrice dans son ensemble. Voici donc une synthèse des composantes coordinatives ou des capacités de coordination issues des six auteurs cités ci-dessus :

- La capacité d'orientation : c'est être capable d'identifier et de rectifier la position et les mouvements de son corps dans un rapport espace-temps en lien avec l'action définie.
- La capacité de différenciation : c'est être capable d'analyser, de décoder les messages nerveux reçus via les organes et de traiter ces informations par le cerveau en vue d'apporter ou non une correction à l'acte moteur.
- La capacité de réaction : c'est être capable de réagir à un signal et de se mettre en mouvement le plus rapidement possible pour répondre à l'objectif. Le signal pouvant être de différentes origines (visuel, auditif, tactile)
- La capacité de rythme : c'est être capable de suivre et de reproduire un rythme en respectant la notion de temps.
- La capacité d'équilibre : c'est être capable de maintenir son corps en position d'équilibre et de savoir le rectifier en cas de déséquilibre. L'individu utilise la proprioception pour retrouver son équilibre. C'est ce qu'on appelle l'homéostasie posturale.
- La capacité d'adaptation : c'est être capable de changer son action face à une situation qui se modifie subitement.
- La capacité de contrôle-guidage : c'est être capable de maîtriser, réguler et orienter son mouvement.
- La capacité de combinaison ou de couplage : c'est être capable d'associer des éléments de diverses parties du corps en vue d'une meilleure efficacité dans un mouvement global.

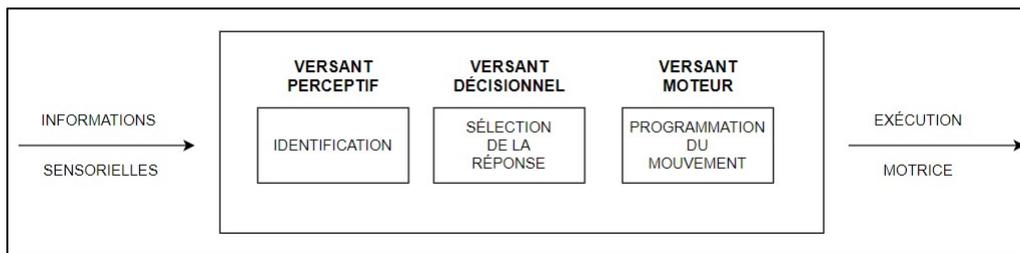
- La capacité de dissociation : c'est être capable de séparer le fonctionnement de différentes parties du corps pour les rendre indépendantes.
- La capacité de rationalisation : c'est être capable de donner du sens à son mouvement, de lui donner une explication rationnelle.
- La capacité de souplesse : c'est être capable de réaliser des gestes avec la plus grande amplitude articulaire possible, c'est-à-dire d'avoir une mobilité articulaire efficace pour effectuer au mieux un mouvement.
- La capacité d'élasticité gestuelle : c'est être capable d'étirer ses muscles, ses tendons, ses ligaments et ses structures capsulaires afin d'engendrer une efficacité dans le rendement du mouvement.

Ces douze capacités de coordination citées nous permettent de constater l'étendue du matériel anatomique, physiologique, biomécanique, cognitif et psychologique, que l'individu doit posséder afin de pouvoir réaliser un mouvement coordonné réussi. Nous constatons à nouveau, comme dans la partie 3.1, qu'une part de fonctionnement interne est présente à la réalisation des composantes coordinatives, et par voie de conséquence à la coordination motrice. Il est donc nécessaire d'avoir une représentation fonctionnelle d'une action motrice pour y comprendre l'organisation externe et interne chez un individu. Ainsi, nous proposons dans la section suivante la représentation fonctionnelle d'une action motrice simple, qui sera ensuite complétée dans le 3.4 d'une action motrice complexe.

3.3 La représentation fonctionnelle d'une action motrice simple

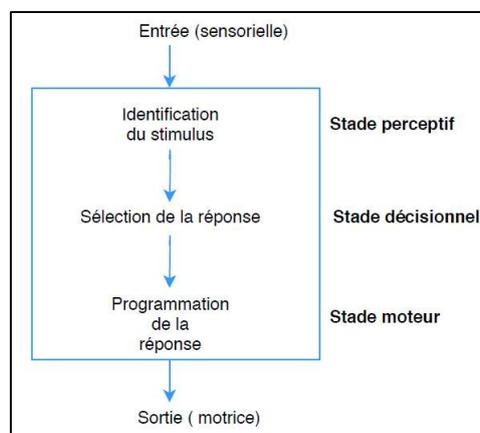
Notre corps fonctionne grâce à différents systèmes. On appelle un « système » plusieurs organes qui travaillent ensemble pour accomplir une fonction commune. Lors d'une action motrice volontaire, ce sont les systèmes nerveux, musculaire et squelettique qui interviennent. Nous verrons dans cette section, quels sont les événements qui se produisent dans ces trois systèmes lors de la réalisation d'un acte moteur. Nous détaillerons leurs étapes en utilisant le concept du traitement de l'information. Il faut noter que les théories du traitement de l'information proposent différents modèles. Nous choisissons d'utiliser les modèles de base d'Andries-Frans Sanders cité par Jean-Pierre Farnose (1993, p. 168) et de Richard-Allen Schmidt (R.-A. Schmidt, 1993), qui se rapprochent dans leur construction et leur contenu, s'agissant ici de détailler un geste simple. Ci-dessous, nous exposons ces deux modèles respectivement dans les figures 11 et 12.

Figure 11 : Modèle simplifié du traitement de l'information



(D'après Sanders, 1990)

Figure 12 : Les étapes du traitement de l'information



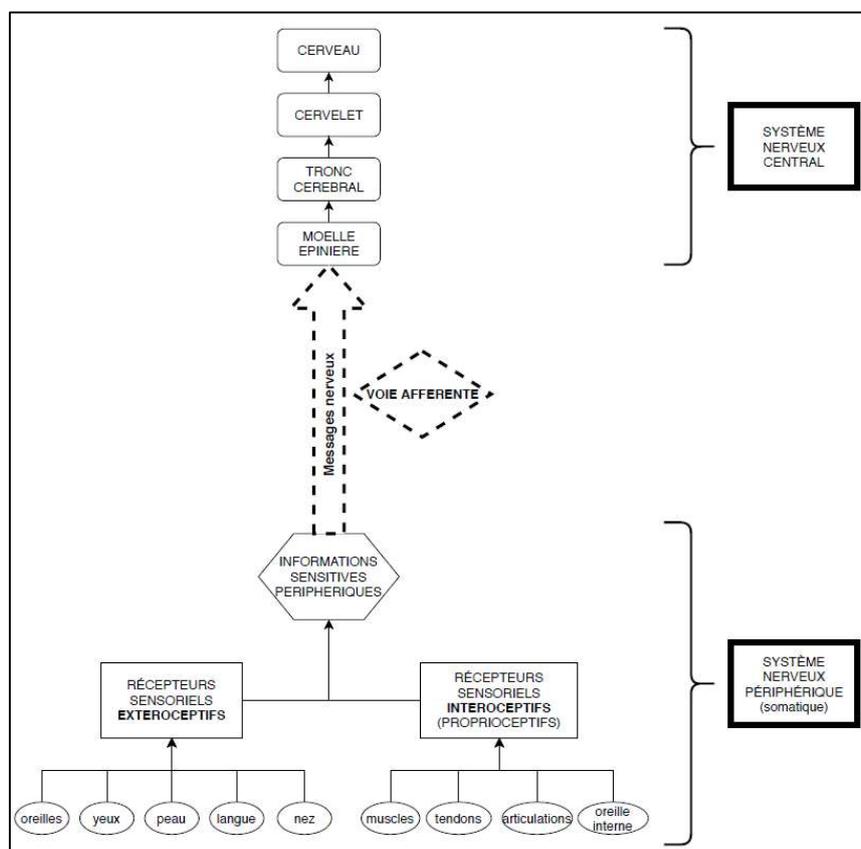
(D'après Schmidt, 1993)

Ainsi, nous pouvons constater que ces deux modèles sériels contiennent trois phases qui se succèdent sans recouvrement. La première concerne la perception des informations sensorielles qu'identifie l'individu. La deuxième se rapporte à la sélection d'une réponse, que le sujet décide de réaliser en fonction de son environnement. Et la troisième engendre un programme moteur mis en place afin de répondre au mouvement souhaité. Ces deux schémas de transformation se terminent de manière ouverte, car comme nous sommes dans le cas d'un mouvement simple, la boucle est dite ouverte, il n'y a donc pas de « feedback » ou de rétroaction.

Enfin, durant l'explication de cette représentation fonctionnelle, qui suivra donc les trois étapes citées ci-dessus, j'utiliserai en parallèle l'exemple d'un mouvement simple. Ce dernier décrira l'action de se lever d'une chaise, ce qui permettra d'illustrer mon développement.

Durant la première phase du traitement de l'information, l'individu perçoit des renseignements qui proviennent de l'extérieur de l'organisme par l'intermédiaire des organes des sens (les oreilles, les yeux, la peau, la langue et le nez). En effet, ces derniers possèdent des récepteurs sensoriels dits extéroceptifs qui permettent de transformer les sensations du sujet en influx nerveux. En outre, la personne perçoit également des informations de l'intérieur de son organisme. Effectivement, grâce à des récepteurs intéroceptifs, appelés proprioceptifs pour ceux qui nous intéressent, le sujet possède des renseignements concernant la position de son corps et la disponibilité de ses muscles, ses tendons et ses articulations. Toutes ces informations sensibles périphériques, appartenant au système nerveux périphérique (SNP) et plus précisément au système nerveux somatique (SNS), vont être transmises au système nerveux central (SNC) par l'intermédiaire de messages nerveux dits afférents ou ascendants. Le SNC comprend l'encéphale, qui est composé du cerveau, du tronc cérébral, et du cervelet, et la moelle épinière. Ainsi, ce sont des « câbles » appelés les nerfs qui vont permettre cette communication entre le SNP et le SNC. Dans la figure 13, nous proposons une représentation de cette première phase du traitement de l'information.

Figure 13 : Représentation schématique de la première phase du traitement de l'information

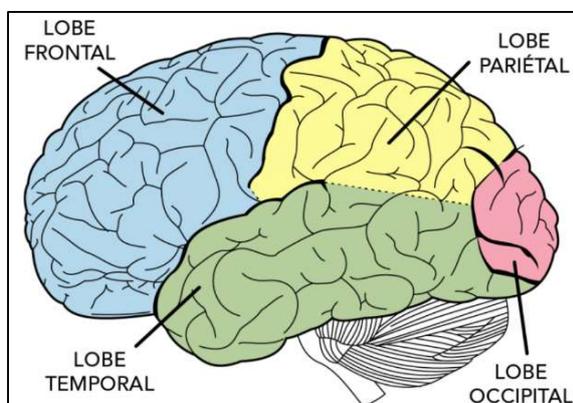


(Production de l'auteure)

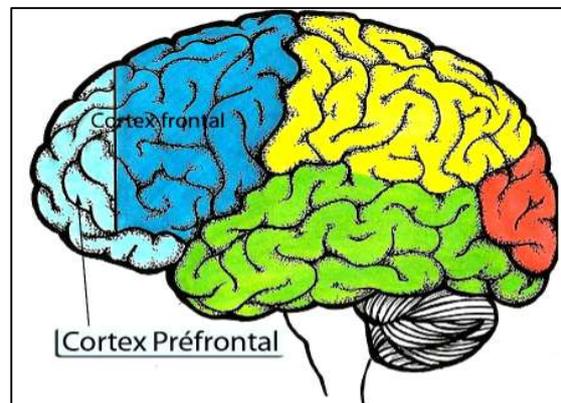
Dans notre exemple, qui nous le rappelons est un individu assis qui se lève pour se retrouver en station debout, nous allons décrire les phénomènes qui se produisent dans son corps concernant cette première partie du traitement de l'information. Ainsi, le sujet perçoit des informations visuelles qui lui permettent de savoir qu'il a la possibilité de se lever étant donné qu'il ne voit aucun obstacle devant lui. De plus, il reçoit des informations au niveau de sa peau, puisqu'elle touche sa chaise à l'endroit des cuisses, il discerne qu'il n'y a pas d'entrave à se soulever de son siège. En outre, plus intérieurement il ressent que ses muscles, ses articulations et ses tendons sont dans une position de disponibilité pour pouvoir se mettre en action et se lever (pas de douleur musculaire ; pas d'articulation déjà en hyper ouverture ou fermeture, bloquant la possibilité de se mouvoir ; pas de tendon sensible). Enfin, il est conscient que son corps est en position d'équilibre permettant la réalisation du mouvement souhaité (pas de déséquilibre dans la position assise de départ, renseignement venant du système vestibulaire de l'oreille interne). Par conséquent, toutes ces informations vont permettre à la personne de prendre une décision, celle de pouvoir et d'être en capacité de se lever.

Ensuite, lors de la seconde phase du traitement de l'information, le sujet sélectionne une réponse motrice en lien avec les renseignements qu'il aura perçus précédemment. Il choisit donc une réponse compatible avec son environnement externe et interne. Plus précisément, il envisage le nombre d'éléments dont il aura besoin pour réaliser l'acte moteur souhaité, mais également l'ordre dans lequel il va les mettre en place. Cette décision entraîne une planification du mouvement qui se réalise dans la partie avant du lobe frontal du cerveau, c'est à dire dans le cortex préfrontal que nous pouvons localiser dans la partie droite de la figure 14. C'est par l'intermédiaire de messages nerveux qui arrivent dans cette zone que la décision est possible.

Figure 14 : Localisation des différentes parties du cerveau



(Architecture du cerveau | Parlons sciences, s. d.)
<https://parlonssciences.ca>



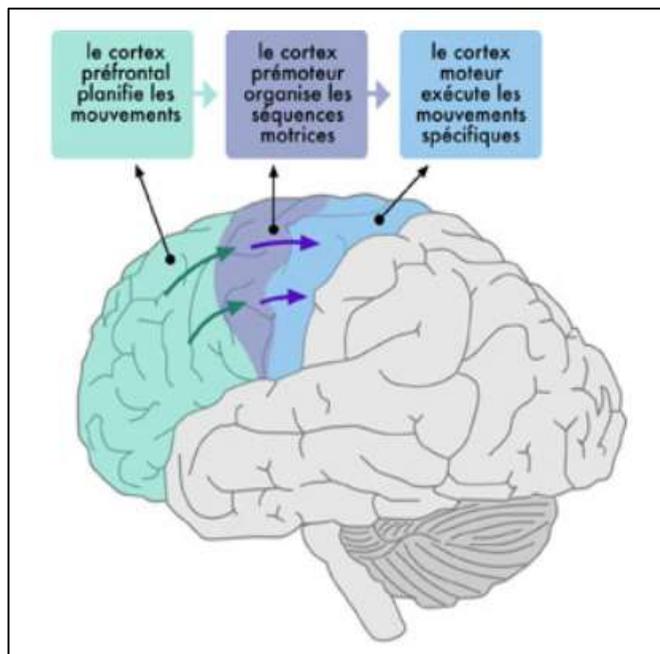
(Glossaire_Cerveau_CP.pdf, 2009)
<https://www.enfant-encyclopedie.com>

Dans notre exemple, le sujet décide d'un plan d'action comprenant le nombre d'éléments nécessaires pour se lever (quatre articulations et les muscles qui leurs sont reliés), mais aussi l'ordre dans lequel il faut les mettre en place (1. tronc ; 2. cheville ; 3. genou ; 4. hanche). Il définit les séquences de contractions musculaires essentielles pour se lever. Ses prédictions restent en attente jusqu'à la phase suivante.

Enfin, lors de la troisième phase du traitement de l'information, la personne programme l'action motrice en lien avec ce qu'elle a planifié antérieurement. Par conséquent, elle transcrit la réponse abstraite de la phase précédente en réponse concrète, en réalisant une série de contractions musculaires qui engendrera la mobilisation des articulations concernées. Ainsi, l'action devient réelle et se trouve en adéquation avec le mouvement souhaité. Pour ce faire, les messages nerveux disponibles dans le cortex préfrontal rejoignent le cortex prémoteur puis le cortex moteur (figure 15). Ensuite, les informations nerveuses passent dans des structures sous-corticales, comme les ganglions de la base, mais aussi par le thalamus, ou encore le cervelet, pour après descendre vers le tronc cérébral puis la moelle épinière. C'est donc par une voie nerveuse descendante, ou dite aussi efférente, que les muscles récupèrent les ordres du cerveau via la moelle épinière et réalisent le mouvement demandé (figure 16).

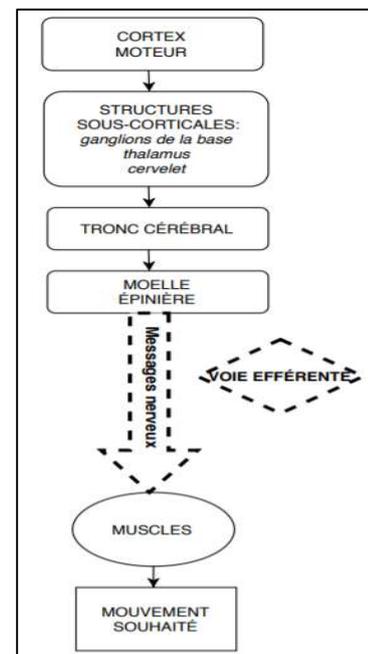
Figure 15 : Localisation des cortex prémoteur et moteur

Figure 16 : Représentation fonctionnelle de la troisième phase du traitement de l'information



(« Le corps et les mouvements », 2015)

<https://www.frcneurodon.org>

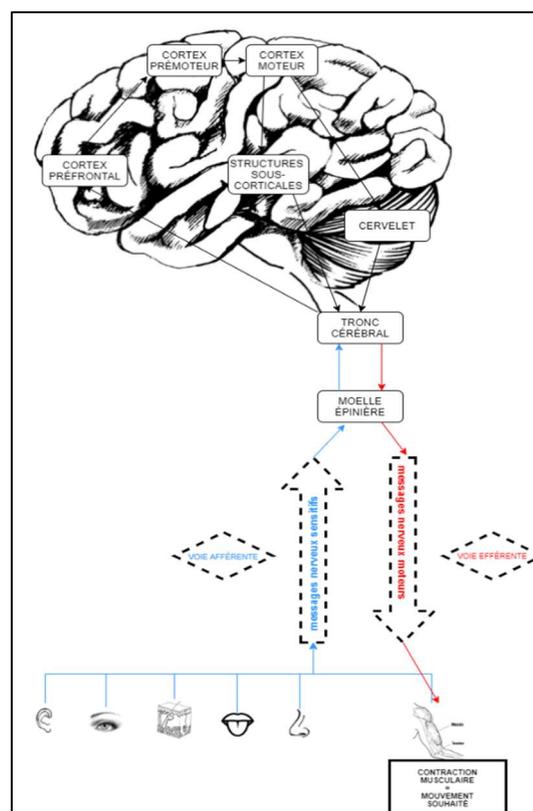


(Production de l'auteur)

Dans notre exemple, nous constatons que les éléments indispensables pour se lever se mettent en action dans un ordre favorable. Il y a pour certains groupes musculaires une réaction des muscles agonistes et antagonistes. C'est-à-dire qu'ils réagissent en symbiose, quand l'un se contracte l'autre s'étire. Ainsi, nous observons une flexion des abdominaux entraînant une inclinaison du tronc vers l'avant, une flexion des mollets avec une extension du tibia antérieur engendrant une flexion de la cheville, une flexion des quadriceps avec une extension des ischios permettant une extension du genou, et une extension du psoas iliaque avec une flexion du grand fessier produisant une extension de la hanche. Tout ceci permet à l'individu de passer de la station assise à debout, et donc de se lever.

Pour conclure cette section, nous proposons en synthèse la figure 17 qui représente le fonctionnement du traitement de l'information d'une action motrice simple.

Figure 17 : Représentation fonctionnelle simplifiée du traitement de l'information lors d'une action motrice simple



(Production de l'auteure)

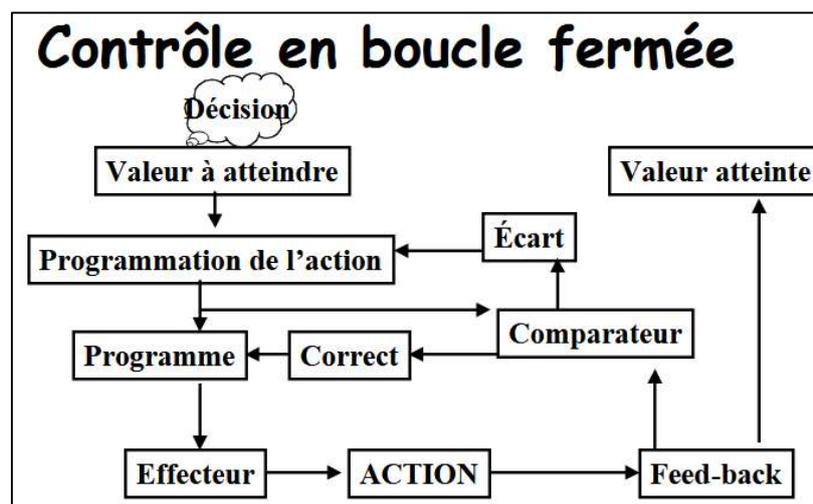
Cette section nous a permis de comprendre et de visualiser les éléments extérieurs et intérieurs mis en jeu chez l'être humain lors de la réalisation d'une action motrice simple, dite

en boucle ouverte. Voyons à présent, la différence qu'il peut exister lors d'un acte moteur complexe, dit en boucle fermée.

3.4 La représentation fonctionnelle d'une action motrice complexe

Lors de la réalisation d'un mouvement complexe qui fait appel à la coordination motrice tels du jonglage, des sauts de corde, des retours d'informations sont nécessaires au sujet afin de réussir au mieux l'action désirée. Pour ce faire, le sujet utilise ce que l'on appelle des *feedbacks* ou rétroactions. Ces derniers lui sont utiles pour réaliser des comparaisons avec des actions menées antérieurement, et lui permettent de corriger ses réponses si besoin. La difficulté et la durée de la tâche entraînent une représentation fonctionnelle dite en boucle fermée comme nous pouvons le constater dans la figure 18 (Rigal, 2005a, Chapitre 11).

Figure 18 : Représentation fonctionnelle d'un contrôle moteur volontaire en une boucle fermée

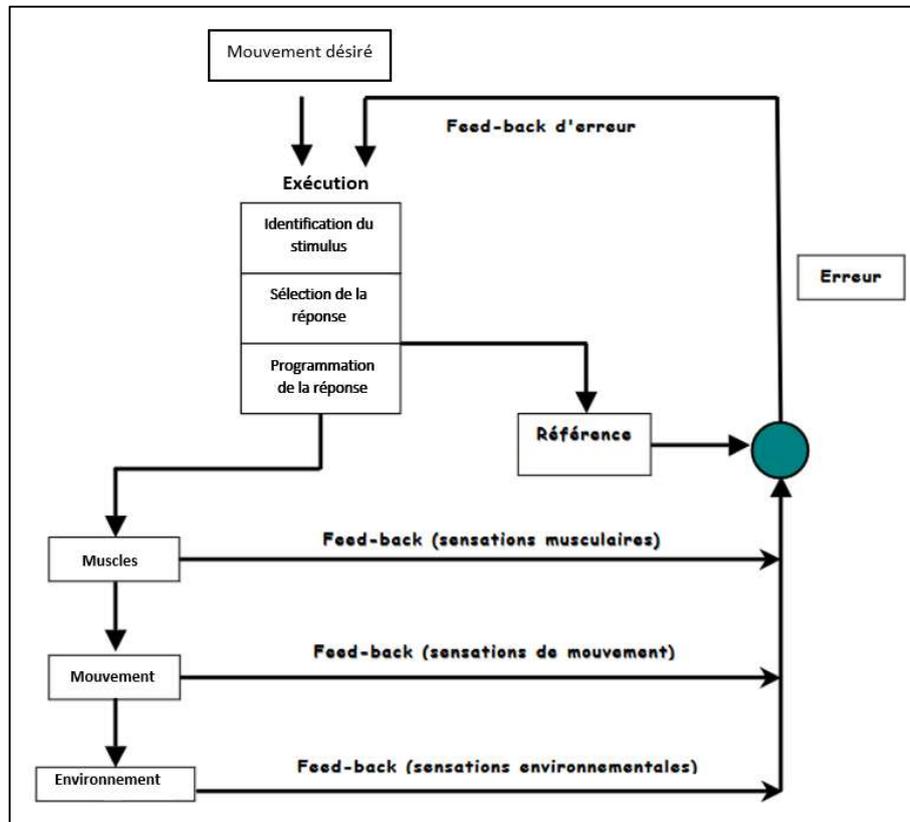


(D'après Rigal, 2005)

Plusieurs types de *feedbacks* interviennent permettant la modification du mouvement, comme nous pouvons le découvrir dans la figure 19 qui présente une extension de la boucle fermée. En effet, lors de son mouvement le sujet a accès à des *feedbacks* sensoriels intéroceptifs, appelés aussi proprioceptifs, provenant de canaux récepteurs (fuseaux neuromusculaires, appareil tendineux de Golgi, récepteurs de Ruffini et système vestibulaire), mais aussi de *feedbacks* extéroceptifs de par son environnement. Ainsi, tous ces retours d'informations qui lui parviennent lui permettent de les confronter à des références acquises précédemment afin de savoir si le mouvement est juste ou pas. Pour ce faire, la mémoire (traces mnésique et perceptive) joue un rôle primordial comme le souligne Simonet (1986). De fait, si la réponse

est incorrecte alors un feedback d'erreur est envoyé et le sujet modifie sa réponse motrice. Si la réponse est correcte, le mouvement reste ainsi.

Figure 19 : Extension du modèle en boucle fermée pour le contrôle du mouvement



(D'après Schmidt, 1999)

A la suite de cette section, nous comprenons aisément lors de situations de tâches complexes, comme celles d'exercices de coordination motrice qui seront proposés dans notre expérimentation, que l'intervention de *feedbacks* est omniprésente. Pour autant, la réussite de mouvements coordonnés ne se limitent pas seulement à l'adaptation et à la maîtrise des feedbacks perçus. En effet, d'autres facteurs entrent en jeu, c'est ce que nous proposons de découvrir dans la section suivante.

3.5 Les facteurs limitants la coordination motrice

La capacité de coordonner les mouvements de son corps est très variable d'une personne à une autre. En effet, nous ne sommes pas tous égaux face à la production d'un acte moteur. Des facteurs intrinsèques et extrinsèques peuvent faire varier, voire empêcher la réalisation

d'une coordination réussie. Nous allons développer ces paramètres et expliquer en quoi ils peuvent freiner ou faire obstacle lors d'actes moteurs coordonnés. Enfin, nous précisons que certains facteurs limitants développés ci-dessous ne pourront pas se retrouver en lien avec les participants à l'expérimentation, nous prendrons donc en considération dans la discussion uniquement ceux y qui correspondent.

3.5.1 Les facteurs environnementaux

Un enfant qui grandit dans un environnement familial où les stimulations ne sont pas suffisantes (pas d'activité sportive mais plutôt des activités de sédentarité comme les jeux sur écran), et où l'expérience motrice n'est pas laissée libre (des parents qui interdisent à leur enfant de sauter, grimper, nager, de peur qu'il tombe, se blesse ou se noie) ne va pas développer de manière optimum ses perceptions sensorielles. Or, celles-ci sont essentielles pour la réalisation d'un mouvement coordonné puisqu'elles sont à l'origine de l'acte moteur comme nous l'avons expliqué dans la section 3.3. D'ailleurs, en 1976 Winter affirme : « une déficience dans la capacité de coordination n'est pas le résultat de prédispositions insuffisantes, mais plutôt d'un manque de stimulations durant les premières années de la vie. » (cité par Weineck et Handschuh, 1992, p. 349). De plus, un mode de vie sédentaire va occasionner de l'embonpoint ce qui va également freiner la qualité d'un acte de coordination. Au contraire, un jeune dont les parents vont encourager les sorties (à vélo, à pieds), qui vont favoriser les activités physiques multiples et variées, vont permettre à leur enfant d'explorer tout ce qui l'entoure et d'emmagasiner un tas d'informations sensorielles. Ces dernières sont primordiales pour développer les capacités motrices dont fait partie la coordination (Manno, 1992), et Piaget converge vers cette même idée en expliquant l'association étroite qui existe entre les expériences sensorielles et le développement des compétences physiques (1969). Par ailleurs, toutes ces situations vécues vont permettre à l'individu de se construire un répertoire moteur riche qui lui servira de modèle de comparaison lors du processus de *feedback*.

Par conséquent, nous pouvons affirmer que les domaines d'intérêt de la famille peuvent avoir des répercussions sur le développement de la coordination motrice de l'enfant.

3.5.2 Les facteurs liés à l'âge

L'âge peut favoriser ou au contraire limiter le développement des capacités de coordination. Ainsi, si à certaines périodes de la vie de l'enfant, la stimulation est insuffisante,

alors on observera un retard de coordination. *A contrario*, si les capacités de coordination sont travaillées à des moments propices de la vie du jeune, alors on assistera à une amélioration et à un perfectionnement de la coordination motrice. Selon Hirtz, la période opportune est celle de 6 à 11 ans. Selon lui, la connaissance de l'âge idéal du développement des capacités de coordination devrait être mieux connue par les enseignants et les éducateurs afin de pratiquer, dans les écoles ou dans les clubs sportifs, un travail plus précis et plus intense pour stimuler pleinement le potentiel de chacun. Pour ce faire, il confectionne un outil sous forme de tableau regroupant des capacités coordinatives et les moments favorables pour les perfectionner (Hirtz, 1979). Nous le présentons ci-dessous dans le tableau 9. Nous précisons que ce support, issu d'un auteur allemand, présente les capacités de coordination à partir de la première année d'entrée en scolarisation en Allemagne, ce qui correspond en France au cours préparatoire, soit aux enfants âgés de six ans.

Tableau 9 : Les périodes propices pour perfectionner les capacités de coordination de la 1^{ère} année scolaire (6 ans) à la 10^{ème} année scolaire (15 ans)

Capacités coordinatives	Années scolaires									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capacité de coordination sous contrainte temporelle	■	■								
Capacité de différenciation kinesthésique spatiale et temporelle	■	■			■	■				
Capacité de réaction acoustique et optique			■	■	■					
Capacité de rythmique				■	■					
Capacité d'orientation spatiale							■	■	■	
Capacité d'équilibre					■	■				
Capacité de coordination sous contrainte temporelle	■	■								
Capacité de différenciation kinesthésique spatiale et temporelle	■	■			■	■				
Capacité de réaction acoustique et optique			■	■	■					
Capacité de rythmique		■	■	■						
Capacité d'orientation spatiale							■	■	■	
Capacité d'équilibre				■	■					

(Selon Hirtz, 1979)

Dans la même optique, en 1982, Martin crée un modèle ressemblant à celui d'Hirtz mais il est plus complet. Il inclut en plus des capacités de coordination, des capacités physiques,

cognitives et affectives (tableau 10). Il parle de phases sensibles pour décrire ces périodes privilégiées de développement. D'ailleurs, Maria Montessori s'intéressera au travail de Martin et l'utilisera dans la mise en place de sa pédagogie.

Tableau 10 : Les phases sensibles durant lesquelles les périodes d'apprentissage sont les plus favorables chez les enfants de 6 à 15 ans

Age	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Capacités de coordination et fonctions psycho-motrices	Capacité d'apprentissage moteur									
	Capacité de différencier et de contrôler									
	Capacités de réactions visuelle et acoustique									
	Capacités d'orientation spatiale									
	Capacités rythmiques									
	Capacités d'équilibre									
Capacités physiques	Endurance									
	Force									
	Vitesse									
Capacités cognitivo-affectives	Qualités cognitivo-affectives									
	Apprentissage									

(Selon Martin, 1982)

De surcroit, si on s'intéresse à un individu adulte, alors nous pouvons affirmer que ses capacités de coordination motrice décroissent avec l'âge puisque les processus physiologiques et les capacités fonctionnelles régressent en vieillissant. D'ailleurs, Hollmann et Hettinger démontrent qu'il y a une réduction des qualités de coordination chez l'être humain dès quarante ans (Hollmann et Hettinger, 1980).

En conséquence, nous constatons qu'il existe un « âge d'or » pour travailler la coordination motrice afin qu'elle puisse atteindre son paroxysme, et que le vieillissement est un facteur qui lui est préjudiciable.

3.5.3 Les facteurs physiologiques

Lors d'un acte moteur, les muscles jouent un rôle prépondérant. Les unités motrices qui les constituent ont besoin d'être coordonnées afin que le muscle fonctionne au mieux. De plus, celui-ci ne fonctionne jamais seul mais en collaboration avec d'autres muscles. Ces derniers se contractent, ce sont les muscles agonistes, pendant que d'autres se relâchent, ce sont les antagonistes. Cette répartition des tâches doit se réaliser conjointement le plus justement possible afin de faciliter le mouvement. De fait, nous pouvons affirmer que cette synchronisation à l'intérieur du muscle, appelée la coordination intramusculaire, et celle réalisée entre les muscles, nommée la coordination intermusculaire, sont des facteurs fondamentaux pour la réussite d'un mouvement coordonné.

En outre, certains enfants présentent trop ou pas suffisamment de tonus musculaire. Celui-ci correspond à un degré de tension présent dans les muscles nécessaire pour répondre rapidement aux commandes volontaires ou réflexes. Or, si le sujet présente une hypertonie ou une hypotonie musculaire alors les muscles mettent plus de temps à répondre au SNC puisqu'ils ne sont pas disponibles comme il le faudrait, la réponse est moins efficace et la coordination du mouvement en est perturbée.

Enfin, comme nous l'avons vu dans la section 3.3, la mise en jeu des récepteurs sensoriels est primordiale dans l'acte moteur. La qualité de la réception des informations doit être parfaite afin de permettre le traitement et la transmission des données. Ainsi, l'état fonctionnel des récepteurs doit être d'un degré de perfection extrême afin de permettre une action motrice coordonnée qui aboutit avec succès.

Par conséquent, nous observons que la qualité physiologique du muscle et des récepteurs sensoriels peuvent être des facteurs limitants à la coordination motrice.

3.5.4 Les facteurs biomécaniques

La croissance d'un être humain donne lieu à une augmentation de la taille des bras et des jambes. Ceci engendre une modification des proportions des membres ce qui entraîne un bouleversement des repères de l'individu et perturbe le système mécanique du corps. Ainsi, la croissance des extrémités, qui va changer la taille des leviers, occasionne chez l'enfant des difficultés à être coordonné et provoque une diminution de ses capacités de coordination (Weineck, 1996, p. 319). Le jeune aura besoin d'un laps de temps afin de s'adapter à sa nouvelle morphologie et retrouver de la facilité et de la fluidité dans ses mouvements. De surcroît, le

rapport force/levier varie également avec le développement de la musculature et l'allongement des membres, ce qui demande un temps d'assimilation durant lequel la coordination motrice est affectée négativement.

En conséquence, comme la période de 10-11 ans à 16 ans chez les filles et de 12-13 ans à 16-17 ans chez les garçons est le moment où la croissance est la plus active (INSERM, s. d.), alors c'est lors de ces tranches d'âge qu'il y a d'importantes modifications anthropométriques. Elles ont un impact sur la biomécanique du mouvement ce qui engendre une diminution des capacités de coordination chez le jeune. Néanmoins, nous précisons que les élèves qui font partis de notre expérimentation, qui ont entre huit et onze ans, sont également en période de croissance et sont donc concernés par ces facteurs biomécaniques et leurs conséquences.

Enfin, un enfant qui présente une hypotonie musculaire peut laisser apparaître une flexibilité excessive des articulations appelée une hyperlaxité articulaire. Cette souplesse extrême au niveau des articulations entraîne une réponse mécanique qui n'est pas en adéquation avec le mouvement attendu et entraîne une action mal coordonnée.

Pour conclure, nous pouvons affirmer que les propriétés mécaniques des os, des muscles et des articulations jouent un rôle important dans la réalisation d'un acte moteur, et sont des facteurs primordiaux dans l'aboutissement d'une action coordonnée.

3.5.5 Les facteurs liés au genre

Comme nous avons pu le voir dans la rubrique 3.5.4, la période de croissance du jeune ne se réalise pas au même moment si l'on est une fille ou un garçon. Cette caractéristique va donc entraîner un décalage de la période de difficulté de coordination selon le sexe de la personne. Pour une fille, dès l'âge de 10 ans la coordination motrice pourra se trouver perturbée et ce jusque 16 ans, alors que chez les garçons cette perturbation débutera plus tard, vers 12 ans et se finira vers 17 ans. Hormis, ce facteur de croissance qui entraîne une différence entre les filles et les garçons, il ne paraît pas y avoir de distinction entre la capacité de coordination des femmes et des hommes (Weineck et Handschuh, 1992).

3.5.6 Les facteurs psychologiques

Les enfants curieux et volontaires qui aiment explorer leur environnement, et qui prennent plaisir à relever les défis physiques ont naturellement une motivation intrinsèque pour

réaliser des actes moteurs. Cette volonté intérieure n'est pas forcément présente chez tous les individus. En effet, ceux qui ont des difficultés à éprouver cette motivation interne présentent un désintéressement pour l'activité motrice qui forcément a un impact sur sa réalisation et sa réussite. Ainsi, lors d'une action motrice coordonnée donc plus complexe, son aboutissement avec succès va dépendre d'autant plus du niveau de motivation du sujet. De plus, pour d'autres personnes c'est la peur qui peut freiner l'engagement dans la tâche motrice. Effectivement, quand un individu ressent le sentiment de peur, il ne s'engage pas totalement dans le mouvement mais a une retenue motrice qui se met en place. De fait, la coordination motrice en est impactée défavorablement. Enfin, chez les plus jeunes, le besoin d'une sécurité affective est nécessaire afin de se lancer sans crainte dans l'action motrice. Ainsi, la confiance et le sentiment d'être bien entouré jouent un rôle dans le résultat d'une action motrice coordonnée.

Par conséquent, la motivation, la peur et la sécurité affective sont des facteurs non négligeables à prendre en considération dans la réussite d'un acte moteur coordonné.

3.5.7 Les facteurs liés aux modes de vie

L'alcool et la nicotine modifient le niveau d'excitation de la formation réticulée du tronc cérébral. Cette dernière permet entre autres la communication entre les systèmes sensitif et moteur. Elle est donc forcément impliquée dans la réalisation d'une tâche motrice. D'après Hotz et Weineck (1983), elle module dans le SNC la capacité d'enregistrement des excitations venant des organes des sens en augmentant ou en diminuant le seuil d'excitation corticale. Les données perçues sont ainsi erronées et le mouvement ne donne pas celui souhaité au départ. L'action ne peut donc être coordonnée puisque le système neuromusculaire du sujet est parasité par de mauvaises informations.

De plus, notons qu'un manque de sommeil provoque des difficultés motrices et cognitives semblables à la prise d'alcool (Williamson et Feyer, 2000). Ainsi, une période d'éveil prolongée entraîne une altération de certaines fonctions cognitives telles que l'attention et la mémoire, mais également de la motricité et de sa coordination.

Enfin, la prise de certains médicaments, comme des anticonvulsivants, entraîne chez certaines personnes des difficultés dans le contrôle de leurs actes moteurs et engendre une perte de la coordination motrice.

En conséquence, l'alcool, la nicotine, une insuffisance de sommeil et certains médicaments ont des effets néfastes lors d'activités motrices coordonnées.

3.5.8 Le facteur génétique

Certains individus pourraient être limités dans leur coordination de par la présence d'un gène impliqué dans le trouble développemental de la coordination (TDC). Pour un enfant ayant un parent atteint par ce trouble, alors c'est par l'hérédité qu'il sera affecté. En effet, selon une étude récente (Bernier et al., 2017) il a été identifié une anomalie au niveau du chromosome 16 qui favoriserait le développement d'un TDC, mais également un trouble de déficit de l'attention (TDAH).

Par conséquent, le facteur génétique peut occasionner des difficultés pour réaliser un acte moteur coordonné.

Dans cette section, nous comprenons que l'hétérogénéité des individus et la singularité de chacun font que la réalisation d'une action motrice coordonnée donnent des résultats très variés. D'autant plus que des facteurs intrinsèques (physiologique, génétique, psychologique) et extrinsèques (familiaux, environnementaux) entrent en jeu et peuvent limiter la capacité de coordination. Ainsi, nous devons tenir compte de ces facteurs limitants lors de l'expérimentation, mais également dans la discussion car ils pourront être une source explicative de certains résultats obtenus.

Dans ce troisième chapitre, nous apprenons que la coordination motrice est composée de plusieurs capacités coordinatives et que nous ne sommes pas tous égaux face à une tâche motrice coordonnée. De plus, nous sommes forcés de constater que l'existence de processus interne au corps occupe une place importante pour la réussite d'un acte moteur coordonné. L'association de l'intellect et du corps est donc reconnue dans les situations d'apprentissages moteurs. Nous proposons dans le chapitre suivant d'analyser les circuits cérébraux utilisés en situation de lecture chez un normo-lecteur et une personne dyslexique, mais aussi lorsqu'une personne réalise un mouvement de coordination motrice. Nous pourrions ainsi les comparer et peut-être trouver des points communs comme dans l'analyse des étiologies dans la rubrique 2.5.5.

CHAPITRE 4 : CONNEXITÉ DES CIRCUITS NEURONAUX DE LA LECTURE ET DE LA COORDINATION MOTRICE

Aujourd'hui, grâce au progrès de la technologie médicale, nous savons que la lecture entraîne l'activation en parallèle de différentes régions cérébrales (Dehaene, 2007, p. 99). Le modèle sériel décrit par Déjerine à la fin du 19^{ème} siècle est de nos jours obsolète. Ainsi, l'acte de lire mobilise des circuits cérébraux qui se mettent en place grâce aux interconnexions de différentes aires du cerveau. Mais que l'on soit un normo-lecteur ou une personne dyslexique, ces circuits sont-ils les mêmes ? Par ailleurs, les circuits nerveux utilisés lors de la coordination motrice auraient-ils des points de convergence avec ceux de la lecture ? C'est ce que nous vous proposons de découvrir dans ce chapitre.

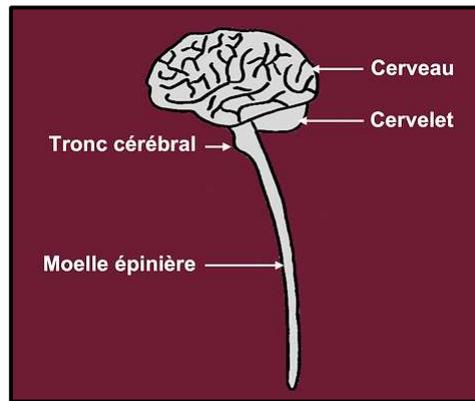
Pour autant, en préambule à ce chapitre, nous choisissons d'expliquer certaines notions nécessaires à la compréhension du fonctionnement de l'organe cerveau, et notamment comment les informations réussissent à transiter dans celui-ci ; connaissances indispensables pour s'approprier la suite du chapitre.

4.1 Préambule

L'individu de par son système nerveux périphérique (SNP) perçoit des informations sensibles et motrices, puis il les transmet au système nerveux central (SNC). Ce dernier traite les informations de l'environnement extérieur et intérieur du corps, comme nous l'avons expliqué précédemment dans la section 3.3. Suite au traitement de ces informations, le SNC cherche à fournir une réponse adaptée à la situation.

Pour rappel, le SNC est composé de l'encéphale, lui-même constitué du cerveau, du cervelet et du tronc cérébral, et de la moelle épinière (figure 20). L'encéphale est protégé par le crâne. Quant à la moelle épinière, qui débute au niveau du bulbe rachidien situé dans la partie inférieure de l'encéphale dans le tronc cérébral et qui se prolonge dans la colonne vertébrale jusqu'aux lombaires, elle est protégée par les vertèbres.

Figure 20 : Composition du système nerveux central

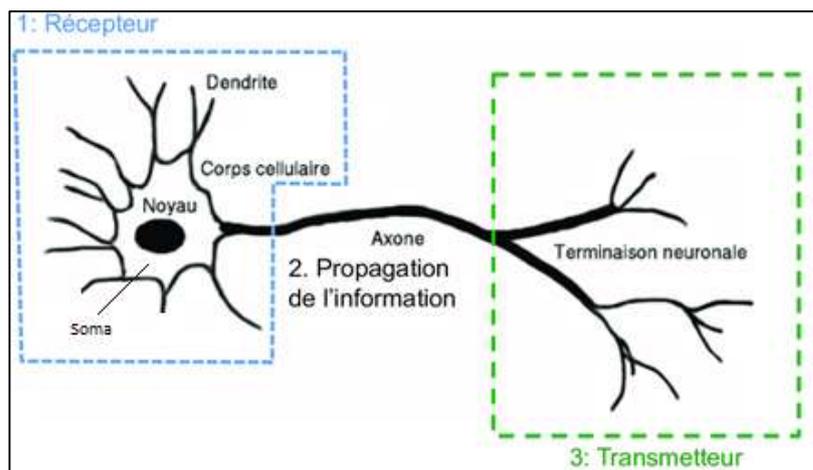


(Anatomie humaine - Système nerveux, s. d.)

<https://www.anatomiehumaine.net/systeme-nerveux>

Pour que la réponse souhaitée se réalise, la diffusion des informations peut s'effectuer grâce à des cellules appelées neurones. Un neurone est une cellule nerveuse, au même titre que les cellules gliales que nous définirons plus loin. Le neurone est l'unité fondamentale morphologique et fonctionnelle du tissu nerveux. Il est formé d'un corps cellulaire qui reçoit les informations, d'un prolongement constant nommé axone qui les propage, de prolongements inconstants nommés dendrites, et de terminaisons neuronales qui transmettent les informations. Nous illustrons ces propos dans la figure 21 ci-dessous. Enfin, les neurones ont pour fonction de conduire l'influx nerveux.

Figure 21 : Schéma d'un neurone

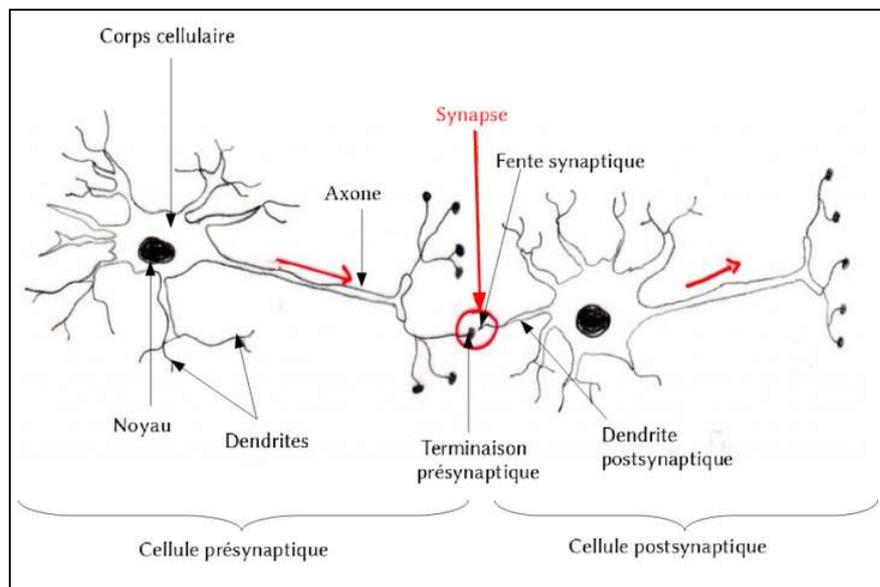


(Hébert, 2012)

https://www.researchgate.net/figure/Schema-dun-neurone_fig1_280792237

Ensuite, les informations continuent de circuler, et passent d'un neurone à un autre par l'intermédiaire de synapses qui se situent dans la zone de « contact » entre deux neurones comme le montre la figure 22 ci-après.

Figure 22 : Schéma de localisation d'une synapse



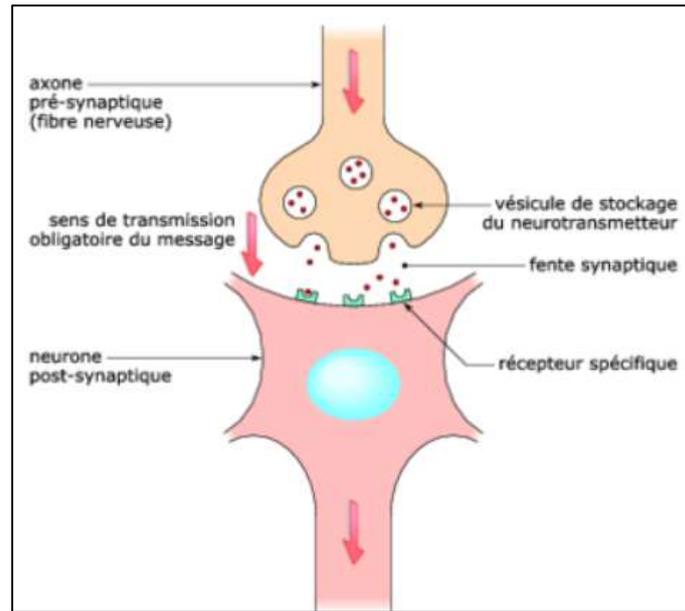
(« Comment la Mémoire fonctionne-t-elle? », 2019)

(inspirée par (Pérez-Uribe, 1998))

<https://tpe-aucoeurdelamemoire.home.blog/ii-comment-fonctionne-la-memoire-3/>

Ainsi, les synapses sont des points de communication entre les neurones. Elles permettent de faire passer les messages nerveux d'un neurone à un autre neurone grâce à une activité chimique, via un neurotransmetteur. En effet, le message nerveux, qui est électrique tout au long de l'axone dans le neurone présynaptique, devient chimique au niveau de la synapse permettant la transmission des informations au neurone postsynaptique. Nous pouvons constater ce phénomène dans la figure 23 présentée ci-après. De ce fait, dans tout le système nerveux les informations passent d'un neurone à un autre et sont ainsi transmises d'une région à une autre de l'organisme. Ainsi, dans le cerveau, les neurones cérébraux « dialoguent » entre eux.

Figure 23 : Schéma fonctionnel d'une synapse



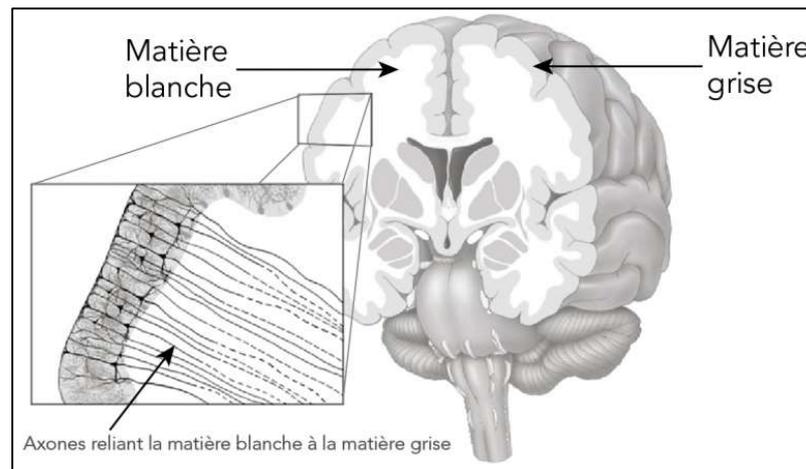
(Schéma fonctionnel d'une synapse - Assistance scolaire personnalisée et gratuite - ASP, s. d.)

https://www.assistancescolaire.com/enseignant/college/ressources/base-documentaire-en-sciences/1_w401i01

Si nous prenons l'exemple de la préhension d'une tasse à café. Cet acte demande le traitement de plusieurs informations sensorielles comme la vue et le toucher. Ainsi, ces informations sont transmises dans le cortex somatosensoriel associatif qui se situe dans le lobe pariétal au niveau de l'aire de Brodmann n° 7. Le cortex, constitué de substance grise, contient toutes ces informations essentiellement dans les corps cellulaires des neurones. Pour autant, ces informations doivent ensuite parvenir au cortex moteur, situé dans le lobe frontal, pour que l'action de prendre cet objet puisse s'effectuer. Pour ce faire, les informations contenues dans les corps cellulaires des neurones poursuivent leur chemin au travers des axones des neurones qui traversent la substance blanche (figure 24). De fait, les informations peuvent atteindre une autre partie du cortex, et comme dans notre exemple parvenir au cortex moteur situé dans le lobe frontal au niveau des aires de Brodmann 8, 6 et 4. En conséquence, l'acte moteur de prendre la tasse va pouvoir se réaliser.

Ainsi, la substance grise concentre essentiellement les corps cellulaires des neurones, elle se situe autour du cerveau dans le cortex. Et la substance blanche contient principalement les axones des neurones.

Figure 24 : Les neurones dans la substance grise et blanche en coupe frontale



(Bonilha et al., 2015)

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsy.2015.00035/full>

Enfin, il est nécessaire de préciser l'importance du rôle des cellules gliales dans la réussite de la transmission des informations. En effet, ces cellules sont indispensables à la survie des neurones et à leur fonctionnement. Il existe quatre types de cellules gliales :

- Astrocytes : cellules qui amènent les nutriments, participent à l'homéostasie ionique, éliminent les débris, participent à la cicatrisation et régulent le flux sanguin
- Oligodendrocytes : cellules qui forment les gaines de myéline
- Ependymocytes : cellules qui permettent la circulation du liquide céphalo-rachidien
- Microglies : cellules immunitaires qui contrôlent la formation des neurones depuis le développement embryonnaire et leurs connexions (réseau synaptique)

Maintenant que nous avons apporté des points de connaissances nécessaires à la compréhension de la suite du chapitre, nous proposons de développer les circuits neuronaux de la lecture et de la coordination motrice.

4.2 Les circuits neuronaux de la lecture

Les processus mis en place lors de la lecture ne sont pas linéaires. En effet, ils présentent un réseau complexe mêlant les voies visuelles aux voies auditives sans omettre l'existence d'un dispositif permettant la compréhension et l'articulation des mots. Ainsi, voyons quels sont ces mécanismes cérébraux qui s'instaurent, permettant la réussite de manière holistique d'une tâche

de lecture (décodage, fluidité, sens, automatisation et mouvements combinés des organes buccophonateurs nécessaires lors de la lecture à voix haute)

4.2.1 La reconnaissance visuelle

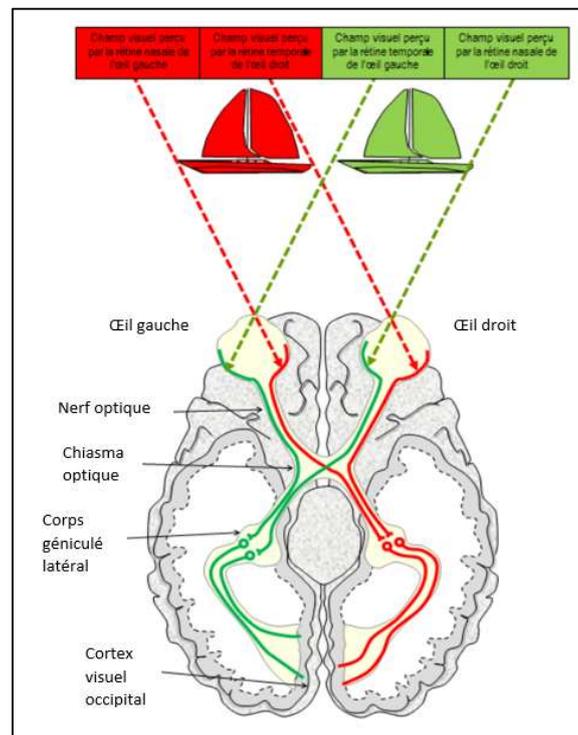
Lire sollicite en premier lieu le système visuel puisque l'individu perçoit le langage écrit par l'intermédiaire de ses yeux. Grâce à la fovéa, qui est au centre de la rétine, le lecteur a une vision très précise de ce qu'il lit. En effet, celle-ci capte beaucoup de détails tels que les traits et les courbures du graphisme proposé, ce qui permet au lecteur de reconnaître les lettres. Néanmoins, le champ de la fovéa est restreint et oblige le lecteur à bouger incessamment ses yeux afin de placer les lettres des mots dans son axe. Pour ce faire, les yeux réalisent des saccades oculaires qui sont des mouvements rapides alternant des temps de déplacement et de fixation. Ainsi, cette zone étroite est celle véritablement utile à la lecture car c'est l'endroit où l'analyse visuelle est la plus performante. Plus on s'en éloigne, plus la précision de la vision diminue, ce qui entraîne pour le lecteur que les lettres deviennent moins lisibles, voire floues. Par conséquent, nous pouvons convenir que lire se réalise par une consécution d'aperçus de textes visibles par un goulet.

Ces informations visuelles qui partent de la rétine sont transmises par voie nerveuse jusqu'au cortex visuel qui se situe dans le lobe occipital positionné à l'arrière de la tête. Pour autant, ce trajet ne se réalise pas directement mais bénéficie d'étapes. Tout d'abord, les nerfs optiques qui émergent de chaque œil se rejoignent au niveau du chiasma optique (figure 25). Ceux provenant des deux rétines nasales passent dans l'autre hémisphère, on a à faire à une décussation c'est-à-dire à un croisement des fibres nerveuses. Cette dernière est partielle car les nerfs venant des deux rétines temporales continuent leur chemin du même côté, restant ainsi dans le même hémisphère. Néanmoins dans les deux cas, les fibres nerveuses passent par un relai cérébral au niveau du thalamus, nommé le corps géniculé latéral (CGL), qui aide au traitement des informations visuelles. Ensuite, lorsque ces dernières arrivent au niveau du cortex visuel dans le lobe occipital, elles sont redirigées à différents endroits du cerveau selon ce que l'individu regarde (lettres, visages, objets, chiffres, etc.).

En effet, au départ les images reçues ne sont pas différenciées par le cerveau, ce n'est qu'à partir de 150 millisecondes qu'elles sont triées et orientées dans des zones cérébrales distinctes (aire, lobe et hémisphère) selon la représentation opérée par le cerveau (Tarkiainen et al., 2002). Dans le cas qui nous intéresse c'est-à-dire la vision de mots écrits, les informations

sont analysées dans la région occipito-temporale ventrale gauche appelée la région de la forme visuelle des mots ou VWFA comme nous l'avons vu dans la rubrique 2.3.6. Encore plus précisément, cette analyse visuelle des mots se situe aux abords du sillon (abaissement ou enfoncement de la surface du cortex) occipito-temporal latéral gauche, sur le bord de la circonvolution appelée gyrus (replis sinueux du cortex délimités par des sillons plus profonds) fusiforme gauche (Dehaene et al., 2002). Il existe donc une spécialisation corticale de la lecture des mots écrits qui se situe dans la région occipito-temporale de l'hémisphère gauche.

Figure 25 : Les voies visuelles en coupe horizontale



(voies visuelles, champ, aire visuelle - Banque de Schémas - SVT - Académie de Dijon, s. d.)

<http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/spip.php?article2901>

Par ailleurs, cet emplacement présente une invariance spatiale. En effet, même les mots vus dans le champ gauche du lecteur, qui se projettent sur la moitié droite de la rétine de chaque œil et qui sont envoyés dans le cortex visuel de l'hémisphère droit, sont ensuite diffusés dans l'hémisphère gauche et rejoignent cette même aire de la forme visuelle des mots. De fait, ces informations traversent fatalement le corps calleux. Ceci se réalise par l'intermédiaire d'une épaisse bande de fibres nerveuses qui réunit les deux hémisphères par des faisceaux commissuraux. Ainsi, ce temps d'échange d'informations entre les deux hémisphères retarde l'arrivée des données de 30 à 50 ms. Pour autant, nous constatons que cette zone de la VWFA

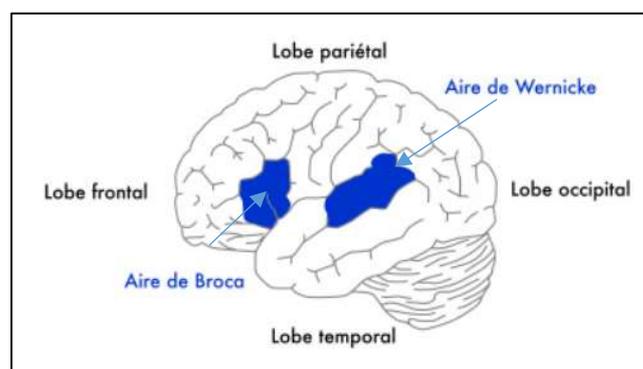
collecte toutes les données visuelles des mots écrits, aussi bien celles qui ont été traitées précédemment dans l'hémisphère droit que celles traitées directement dans l'hémisphère gauche. Outre cela, cette région occipito-temporale gauche présente un autre type d'invariance. Il concerne les minuscules et les majuscules de même lettre se ressemblant (c/C) ou pas (b/B). En effet, dans une étude de 2004, il a été prouvé que cette zone montre une diminution d'activation quand on présente au sujet plusieurs fois le même mot, peu importe la taille et la forme des lettres le constituant (comme par exemple soclu/SOCLU ; giter/GITER). Cette moindre activité démontre que le lecteur reconnaît le mot plus rapidement et parvient à le lire plus facilement dans l'indifférence de la taille des lettres et de la forme. Aussi, ces travaux révèlent qu'au contraire cette zone symétrique dans l'hémisphère droit ne répond pas à cette même invariance (Dehaene et al., 2004).

Subséquentement à la reconnaissance des mots écrits par la région occipito-temporale gauche, le cerveau du lecteur doit lui permettre d'atteindre le son des lettres, ainsi que le sens et l'articulation des mots. Voyons maintenant quelles parties du cerveau s'activent afin que le sujet bénéficie de ces paramètres essentiels à la lecture.

4.2.2 L'accès au son des lettres et au sens des mots

Des études ont montré que le décodage des lettres en sons s'effectue principalement dans les régions supérieures du lobe temporal gauche, lieu d'analyse des sons et de la compréhension des mots, et que le discernement, la production et l'articulation des mots se réalisent dans le cortex frontal inférieur et précentral gauche (Jobard et al., 2003). Ces zones sont appelées respectivement les aires de Wernicke et de Broca (figure 26).

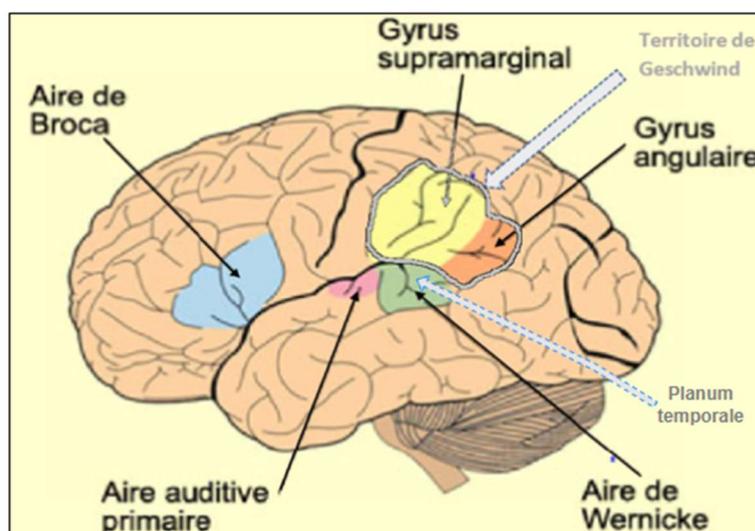
Figure 26 : Emplacement des aires de Wernicke et de Broca dans le cerveau



(« Le langage », s. d.)

En effet, un premier réseau cérébral intervient dans le décodage des lettres en sons, qui correspond à la conversion graphème-phonème. Ce déchiffrage se réalise dans la partie supérieure du lobe temporal et plus précisément au niveau du planum tempore qui est une composante de l'aire de Wernicke (figure 27). Elle permet la sonorité des lettres et des mots. Cette région présente une asymétrie anatomique révélant une superficie plus grande dans l'hémisphère gauche que dans le droit. Cette irrégularité, affichée dès la naissance, s'accroît chez les personnes lettrées (Dehaene et al., 2010) et chez les enfants en période d'acquisition de la lecture (Monzalvo et Dehaene-Lambertz, 2013). Cela accrédite l'hypothèse d'une origine de latéralisation du langage. Par conséquent, le planum tempore joue un rôle essentiel dans l'apprentissage de la lecture.

Figure 27 : Emplacements du planum tempore et du territoire de Geschwind



(Le cerveau à tous les niveaux, s. d.)

https://lecerveau.mcgill.ca/flash/a/a_10/a_10_cr/a_10_cr_lan/a_10_cr_lan.html

Ensuite, un autre réseau cérébral distinct du précédent sert au lecteur pour comprendre le sens de ce qu'il lit. Il n'est d'ailleurs pas exclusivement utilisé en lecture. En effet, les régions sollicitées s'activent pour toutes les tâches de sens, qu'elles appartiennent au langage oral ou écrit (mot, image, conversation) (Vandenberghe et al., 1996). Leur emplacement anatomique se situe dans la circonvolution temporelle moyenne gauche pour le codage du sens des mots et dans la circonvolution frontale inférieure gauche pour la sélection d'un sens parmi plusieurs (Jobard et al., 2003).

A ces deux réseaux s'adjoint une troisième région indispensable au langage appelée le territoire de Geschwind (figure 27). Il comporte le gyrus supramarginal et le gyrus angulaire localisés dans le lobe pariétal inférieur à proximité de l'aire de Wernicke. Le gyrus supramarginal est une aire de convergence auditive et visuelle alors que le gyrus angulaire en est une somesthésique. Ainsi leurs neurones multimodaux permettent au lecteur d'utiliser différents stimuli lorsqu'il est en situation de lecture, ce qui lui facilite la tâche puisqu'il peut percevoir les mots à lire par plusieurs entrées.

Ainsi, ces trois régions de l'hémisphère gauche : l'aire de Wernicke située dans la partie supérieure du lobe temporal, l'aire de Broca localisée dans le cortex frontal inférieur et le territoire de Geschwind établi dans le lobe pariétal inférieur, sont fortement impliquées dans l'acquisition de la lecture. Néanmoins, elles ne travaillent pas de manière isolée mais en concomitance. En effet, chacune a besoin des autres pour que la lecture soit la plus efficace possible. Il existe donc des liens pour faire correspondre ces réseaux permettant une communication interne à des fins d'échanges en vue d'une lecture compréhensive. Ces liaisons sont appelées des faisceaux. Nous allons développer ci-après leur composition et leur fonction.

4.2.3 Les faisceaux de communication

Afin qu'un sujet lecteur accède conjointement au son et au sens de ce qu'il lit, son cerveau doit faire correspondre différentes régions d'un même hémisphère. Pour ce faire, des faisceaux de fibres nerveuses, appelés des faisceaux d'association, entrent en jeu afin d'assurer la connexion de ces différentes aires. Nous nous intéressons uniquement aux faisceaux qui interviennent dans le cas d'une situation de lecture.

4.2.3.1 Le faisceau longitudinal supérieur ou faisceau arqué.

Le faisceau longitudinal supérieur, appelé également le faisceau arqué, est constitué de fibres nerveuses longues et blanches regroupées entre elles formant un gros câble, allant du lobe frontal au lobe temporal. Il présente une morphologie en forme d'arche ou de C retourné englobant la scissure de Sylvius (sillon latéral profond du cortex séparant les lobes frontal et pariétal du lobe temporal). Nous observons ce faisceau arqué en rouge dans la figure 28 ci-après. Il permet de véhiculer les informations présentes dans l'aire de Wernicke vers l'aire de

Broca et vice versa. Ainsi, ce faisceau de connexions fait circuler les informations de manière bidirectionnelle. En outre, il présente également des liaisons avec le territoire de Geschwind (Catani et al., 2005). Cette voie alternative, présentée en jaune dans la figure 28, permet d'autant plus d'élargir l'accès à d'autres informations utiles à la lecture, celles présentes dans les gyres supramarginal et angulaire. Par conséquent, ce faisceau arqué joue un rôle fondamental dans la réussite de l'acte de lire puisqu'il met en lien les données des trois régions majeures du langage (Yeatman et al., 2011).

Figure 28 : Représentation tridimensionnelle du faisceau arqué présentant la voie alternative du territoire de Geschwind

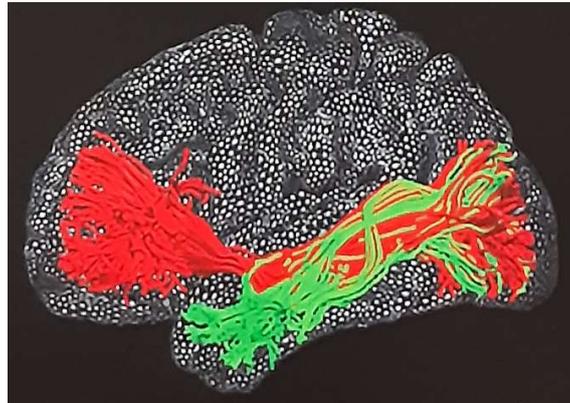


(Frackowiak et al., 2018, p. 77)

4.2.3.2 Le faisceau fronto-occipital.

Le faisceau fronto-occipital relie les lobes occipital et temporal au lobe frontal. Grâce à de longues fibres nerveuses blanches formant comme une autoroute, la transmission des informations passe de manière interlobaire. Ainsi, les données de la région occipito-temporale, et notamment ceux de la VWFA, vont pouvoir communiquer avec l'aire de Broca située dans le lobe frontal inférieur, via le lobe temporal (figure 29). En conséquence, ce faisceau fronto-occipital intervient dans la réalisation de l'acte de lire puisqu'il fait correspondre des régions essentielles impliquées dans la lecture. D'après certains auteurs, il crée une voie directe entre la VWFA et l'aire de Broca (Vandermosten et al., 2012) entraînant une activation extrêmement rapide de cette dernière (Epelbaum et al., 2008). Nous observons en rouge le faisceau fronto-occipital dans la figure 29.

Figure 29 : Représentation tridimensionnelle du faisceau fronto-occipital et du faisceau longitudinal inférieur



(Frackowiak et al., 2018, p. 77)

4.2.3.3 Le faisceau longitudinal inférieur.

Le faisceau longitudinal inférieur connecte le lobe occipital au lobe temporal par l'intermédiaire de nombreuses fibres nerveuses blanches et longues accolées, formant un large conduit permettant la circulation des messages dans les deux sens. Il met en relation des informations visuelles, dont celles de la VWFA, aux données des régions du lobe temporal comprenant l'aire de Wernicke (figure 29). Ainsi, il met en lien la reconnaissance des lettres et des mots écrits réalisée dans le lobe occipital avec leur analyse et leur compréhension effectuées dans le lobe temporal. En conséquence, ce faisceau longitudinal inférieur influe inéluctablement sur l'acquisition de la lecture. Ce faisceau est présenté en vert dans la figure 29.

4.2.3.4 Les faisceaux d'association en « U ».

Ce sont des fibres nerveuses courtes qui relient des gyros adjacents à l'intérieur d'un même lobe. Les informations voisines passent ainsi de proche en proche, d'où leur forme arquée et leur appellation de fibres en U (en rouge dans la figure 30). Ces dernières sont nombreuses et permettent de par leur proximité une communication rapide et efficace des informations intralobaires. En conséquence, nous comprenons que dans une tâche de lecture, où il faut mettre en concordance plusieurs éléments promptement, ces faisceaux de par leur mitoyenneté et leur nombre important permettent l'acheminement des informations à une très grande vitesse dans un même lobe (Catani et al., 2003).

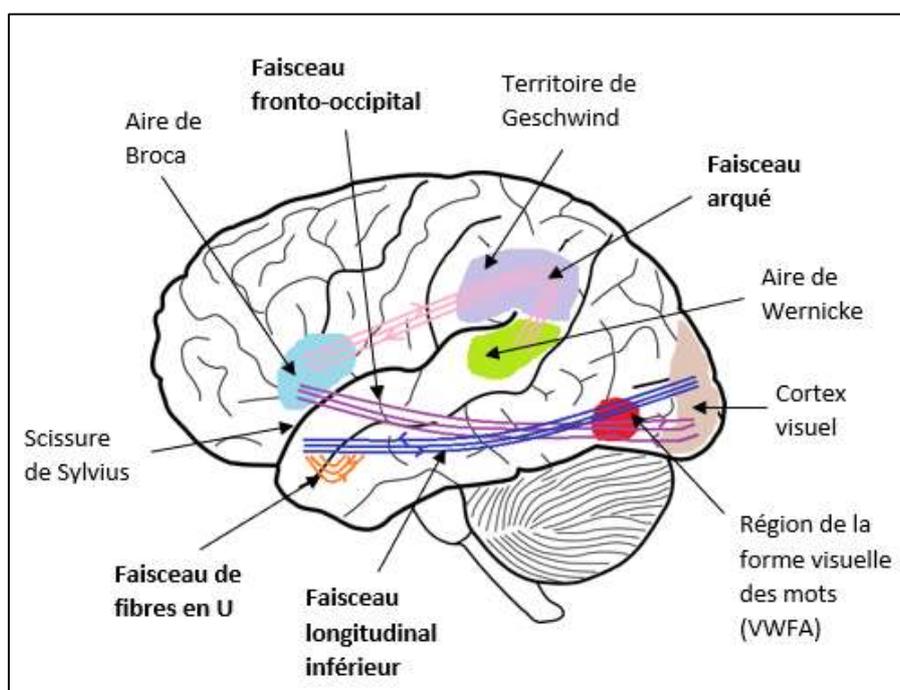
Figure 30 : Représentation de faisceaux d'association composés de fibres courtes dites en « U »



(Frackowiak et al., 2018, p. 77)

Les différents faisceaux d'association cités ci-dessus permettent la communication entre les différentes zones du langage et également avec les aires visuelles. Ils sont des éléments essentiels sans lesquels la lecture ne serait pas possible. Ils sont donc indispensables pour que l'acte de lire soit réalisable, facilité et réussi. Nous proposons un schéma récapitulatif de ces faisceaux d'association utilisés en situation de lecture afin de distinguer leur emplacement dans le cortex cérébral (figure 31).

Figure 31 : Schéma représentatif des faisceaux d'association utilisés en lecture



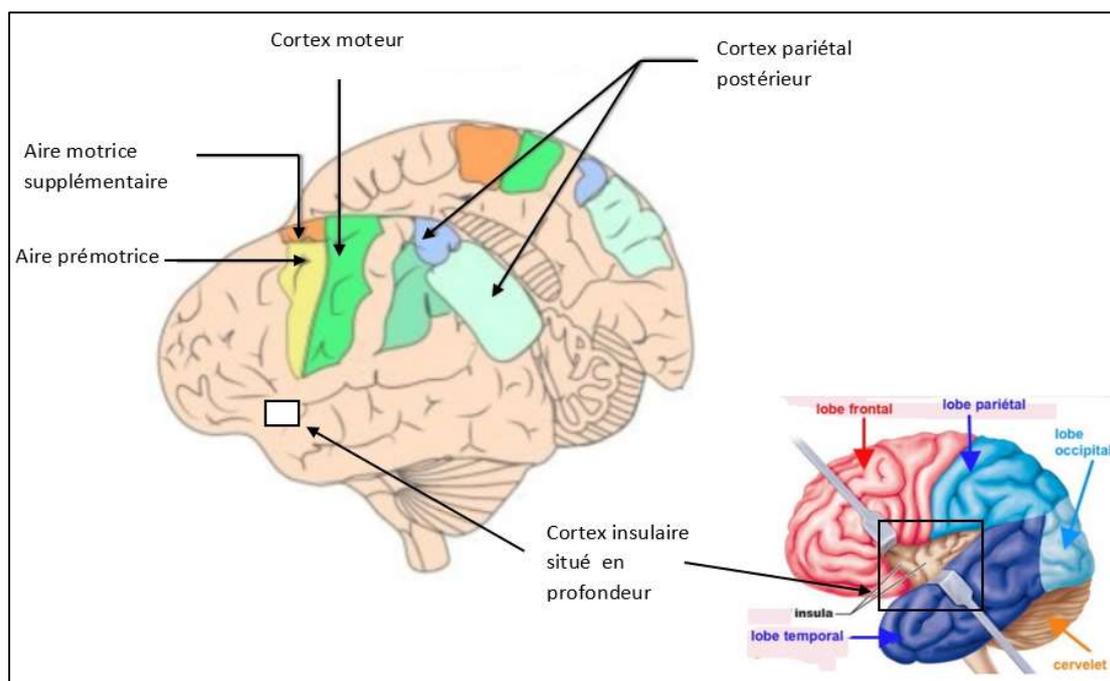
(Production de l'auteure)

4.2.4 L'élaboration et la production de la lecture à voix haute

A partir des informations stockées dans l'aire de Broca, une planification de l'élocution des mots va pouvoir être réalisée (Wise et al., 1999). En effet, cette région, en plus de ses capacités de discernement, fait partie d'un réseau articulatoire qui entraîne la production de la parole. Ainsi, pour effectuer une lecture à voix haute, les données de la zone de Broca cheminent vers une région voisine appelée l'aire prémotrice (APM), qui va à son tour intégrer les informations afin d'organiser les séquences motrices nécessaires pour lire. Néanmoins, comme cette dernière est une aire secondaire ou dite associative, elle intègre et traite des renseignements venant d'autres zones corticales, qui seront également prises en compte dans l'organisation motrice. Outre cela, le fait de préparer un mouvement, cette APM déclenche une autre aire appelée l'aire motrice supplémentaire (AMS). Cette dernière travaille en amont de l'action pour permettre la coordination des mouvements complexes, comme dans notre cas d'une lecture à voix haute. Ensuite, la totalité des données sont transmises au cortex moteur primaire. Il est à noter que ces trois aires motrices citées ci-dessus sont localisées dans le lobe frontal (figure 32) et que ces dernières travaillent en collaboration avec le cortex pariétal postérieur afin que le mouvement volontaire de lire oralement puisse se déclencher. Pour ce faire, les messages nerveux qui partent des neurones pyramidaux du cortex moteur descendent jusqu'à la moelle épinière où ils se connectent aux motoneurones. Ces nerfs moteurs vont exciter les fibres musculaires sélectionnées précédemment et déclencher la contraction des muscles du visage, de la bouche, des lèvres, de la langue, du pharynx et du larynx afin que se réalisent tous les mouvements requis à la production de la parole des mots lus. La lecture à voix haute sera alors produite et entendue.

Pour terminer, ajoutons que certains auteurs estiment qu'une structure du cerveau, appelée l'insula, contribue aussi à la planification et à la réalisation d'une lecture à voix haute (Dronkers, 1996; Ackermann et Riecker, 2010; Nieuwenhuys, 2012). En effet, ce cortex insulaire présenté dans la figure 32, qui est considéré comme le cinquième lobe et qui est situé au fond de la fissure sylvienne, présente une structure connectée avec les quatre autres lobes du cerveau : le lobe frontal et l'aire de Broca, le lobe temporal et l'aire de Wernicke, le lobe pariétal et les gyri supramarginal et angulaire formant le territoire de Geschwind, et le lobe occipital (Ghaziri et al., 2017). Ainsi, cette connectivité multiple avec les aires essentielles au langage pourrait expliquer son implication dans la lecture.

Figure 32 : Localisation des structures cérébrales intervenant dans la lecture à voix haute



(« Motricité volontaire et plasticité », s. d.)

<https://lewebpedagogique.com/brefjailuleblogduprofdesvt/files/2015/06/Chapitre-13-MOTRICITE-VOLONTAIRE-ET-PLASTICITE-.pdf>

Pour conclure, nous constatons que plusieurs régions du cerveau comme les aires de Broca, prémotrice, motrice supplémentaire (Mesulam, 1990; MacNeilage et Davis, 2001), motrice primaire, et l'insula (Wise et al., 1999) sont utilisées afin de permettre au lecteur d'avoir une prononciation physique de ce qu'il lit. Beaucoup de régions corticales travaillent donc en synergie afin que le lecteur puisse exprimer à voix haute le texte qu'il a sous les yeux. Nous sommes donc loin d'un modèle sériel, nous constatons plutôt une mosaïque d'informations qui sont traitées en parallèle.

4.2.5 L'automatisation de la lecture

L'automatisation est définie comme le processus par lequel, après une pratique importante, des habiletés deviennent si fluides qu'elles ne nécessitent plus de contrôle conscient (Nicolson et Fawcett, 1990). Elle permet au lecteur expert une augmentation de sa vitesse de lecture et lui donne la capacité de lire en moyenne cinq mots par seconde (Seidenberg et McClelland, 1989). Afin d'atteindre cette automaticité, des processus neuronaux distincts

doivent s'activer. Le premier se met en place quand l'individu lit à voix basse en lecture silencieuse, ou dit aussi « dans sa tête », alors que le second intervient uniquement lorsque la lecture est réalisée à voix haute ou dit aussi oralisée. Dans les deux rubriques suivantes, nous les détaillerons ainsi en lecture silencieuse puis en lecture à voix haute. Leur développement ci-dessous vise à expliquer les moyens cérébraux qui engendrent l'automatisation de la lecture, dans le but de les comparer avec ceux d'un mouvement de coordination motrice que nous développerons dans la rubrique 4.4.3.

4.2.5.1 L'automatisme de la lecture silencieuse.

Le premier mécanisme d'automatisation se réalise à partir du moment où le lecteur est en capacité d'utiliser la voie directe, comme évoqué dans la rubrique 1.2.2.1. En effet, cette voie d'adressage permet d'accéder directement au lexique et au sens des mots sans passer par le décodage. Ainsi, le cerveau reconnaît la forme orthographique de chaque mot comme une unité car ceux-ci sont déjà présents dans le stock lexical interne du lecteur. Par conséquent, l'identification des mots est rapide, la petite voix intérieure est fluide, et l'effet de longueur disparaît. De plus, l'amointrissement de l'effort cognitif permet l'accès à une lecture implicite. Le lecteur est dit expert et sa lecture est automatique. Cette automatisation est rendue possible grâce à deux paramètres :

a) D'une part, grâce à un entraînement régulier de la lecture qui va favoriser de nombreux côtoiements des mots. En effet, plus la fréquence de vision des mots est élevée plus elle facilite leur enregistrement dans la mémoire à long terme (MLT). Liliane Sprenger-Charoles (2013) défend cette idée en précisant que cette fréquence de lecture doit être prioritairement réalisée avec des mots réguliers. Ainsi, cette répétition d'aperçus et de lecture de même mot permet leur mémorisation de manière globale. Cette habileté est ensuite transférable lors de la lecture de textes nouveaux. L'entraînement à lire contribue donc à l'automatisation. D'ailleurs, le psychopédagogue Edmund Burke Huey dans son livre « *The psychology and Pedagogy of Reading* » publié en 1908, compare cet entraînement à celui d'un sportif, tel un tennisman qui répète des actes moteurs (coup droit, revers) afin de les mémoriser et de pouvoir les reproduire aisément dans un temps plus court. Il complète sa métaphore en indiquant que les répétitions vont libérer l'attention générale du sujet afin de lui permettre d'être attentif aux détails (cité par Chard et al., 2002). Plus tard, LaBerge et Samuels (1974) tentent de montrer que l'apprentissage

de la lecture nécessite une automatisation. Leur étude propose une théorie du traitement automatique de l'information.

b) D'autre part, grâce à un processus neuronal dont les circuits cérébraux véhiculent des informations sans détour. Ainsi, ces itinéraires sans écart engendrent un gain de temps et produisent une lecture spontanée et immédiate. Stanislas Dehaene explique cette dernière de par une reconnaissance des mots de manière « subliminale » ou inconsciente (2007, p. 131). Pour ce faire, les messages nerveux empruntent la voie dite ventrale ou occipito-temporale qui fait communiquer directement la vision des mots située dans le lobe occipital et plus précisément la VWFA, avec leur compréhension sans passer par le déchiffrement. En complément, le faisceau occipito-frontal (voir le 4.2.3.2.) contribue aussi à la signification rapide des mots dans le cas par exemple d'un texte contenant des homographes.

Ainsi, cette voie de lecture directe permet une automaticité de la lecture silencieuse par l'intermédiaire de deux facteurs qui sont l'entraînement et l'utilisation de certains circuits neuronaux.

4.2.5.2 L'automaticité de la lecture à voix haute.

La lecture à haute voix permet l'appréciation de l'automatisation ou de la non automatisation de la lecture (Pikulski et Chard, 2005). Elle est donc un outil essentiel pour l'enseignant. Un second processus neuronal intervient dans l'automatisation de la lecture à partir du moment où le lecteur lit à haute voix. En effet, la lecture orale nécessite une automaticité verbale. Pour ce faire, des actions motrices s'activent et se coordonnent. Dans notre cas d'une lecture à voix haute, elles sont appelées les praxies bucco-linguo-faciales. L'automatisation de ces dernières peut se réaliser grâce à la mémoire procédurale qui est une mémoire à long terme implicite qui permet la motricité automatique. Ainsi ce type de mémoire a besoin de certaines structures corticales et sous-corticales pour parvenir à cette automaticité motrice. La première est le cervelet qui joue un rôle dans le contrôle moteur tout en contribuant à la coordination et à la précision des gestes. Quant à la seconde, il s'agit du striatum qui rend les mouvements automatiques en mettant en jeu le système extra-pyramidal. Ainsi deux boucles interviennent dans la réalisation et l'automatisation de séquences motrices. Elles se nomment respectivement la boucle cortico-cérébelleuse et la boucle cortico-striatale.

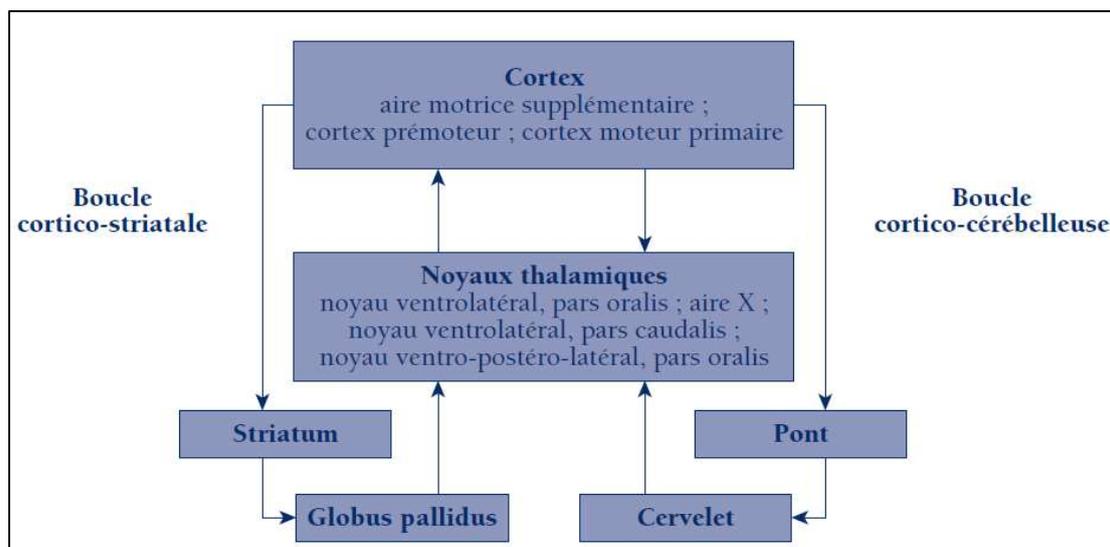
La boucle cortico-cérébelleuse fait correspondre les informations des aires motrice, prémotrice et motrice supplémentaire au cervelet via le pont afin qu'elles soient traitées et que

des adaptations soient réalisées si besoin. Ces nouveaux messages rejoignent d'autres informations dans les noyaux thalamiques qui eux viennent directement des trois aires citées ci-dessus. Les données sont ainsi retravaillées et permettent une réponse motrice plus adaptée par rapport à la planification d'origine. Cette boucle peut être considérée comme une boucle de régulation.

La boucle cortico-striatale présente une boucle fermée où les informations du cortex moteur, prémoteur et moteur supplémentaire regagnent le striatum, puis passe par le pallidum, et rejoignent les noyaux thalamiques pour enfin retourner dans le cortex moteur. Cette boucle en circuit fermé permet la consolidation et l'automatisation des séquences motrices.

Ces deux boucles sont indissociables si l'on souhaite une action motrice réussie et automatisée. Certains auteurs (Doyon et al., 2003) proposent une schématisation de ces deux circuits (figure 33).

Figure 33 : Les structures corticales et sous-corticales impliquées dans la partie motrice des boucles cortico-striatale et cortico-cérébelleuse



(D'après Doyon, Penhune et Ungerleider, 2003)

Par l'intermédiaire des deux situations de lecture (silencieuse et oralisée), nous constatons que des processus neuronaux distincts doivent se mettre en place afin d'obtenir une automatisation de l'acte de lire. Ainsi, participent à cette automaticité : la voie ventrale ou occipito-temporale, le faisceau d'association occipito-frontal, la boucle cortico-cérébelleuse et la boucle cortico-striatum.

Dans cette section, nous avons développé les circuits neuronaux de la lecture depuis la vision des lettres effectuée par la rétine jusqu'à la lecture à voix haute chez un normo-lecteur. Nous allons maintenant réaliser la même opération chez une personne dyslexique afin d'identifier les points communs et les différences.

4.3 Les circuits neuronaux de la lecture chez les dyslexiques

Il apparaît des dissemblances concernant les mécanismes neuronaux entre des personnes dyslexiques et des normo-lecteurs. Nous allons présenter ces divergences afin de mieux comprendre les difficultés sévères de lecture chez les sujets dyslexiques, mais également dans le but de nous servir de ces données lors de la discussion dans le chapitre 7.

4.3.1 La reconnaissance visuelle

Nous avons vu dans la rubrique 4.2.1 que la fovéa est la partie de la rétine où l'acuité visuelle est à son paroxysme. Elle joue un rôle primordial dans la lecture. Chez tous les individus une zone précise de la fovéa, appelée « la tache de Maxwell », présente une asymétrie entre l'œil droit et l'œil gauche permettant à un des deux yeux d'être dominant. Cette dissymétrie est nécessaire afin que la personne n'ait pas une vision en image miroir de ce qu'elle regarde. Or, des chercheurs ont montré que chez des adultes dyslexiques, c'est une symétrie qui apparaît. Ainsi ces derniers n'ont pas un œil directeur mais deux. Par conséquent, le cerveau qui normalement privilégie l'image provenant d'un seul œil se retrouve à traiter les images des deux yeux dominants, ce qui engendre la vision de certaines lettres en miroir (Le Floch et Ropars, 2017). Ainsi dans une situation où un normo-lecteur lit un mot contenant un « p », alors son œil directeur lira un « p » et l'autre œil lira un « q ». Cette dernière lettre sera considérée comme une image-miroir et sera éliminée naturellement par le cerveau. Or, chez une personne dyslexique, comme les deux yeux sont dominants, l'image-miroir va rester et l'individu ne saura pas distinguer le p du q. Ceci rendra sa lecture difficile, d'autant plus que d'autres lettres de l'alphabet présentent également une morphologie en miroir ou retournée (b/d ; u/n).

Par ailleurs, une autre étude a montré que le nombre de fixations des yeux lors de la lecture est plus important chez des sujets dyslexiques que chez des lecteurs compétents. De plus, elle évoque un nombre de saccades correctrices plus élevé au moment des retours à la ligne chez ces premiers individus (Miellat, 2004). Ainsi, ces deux excédents engendrent un

allongement du temps lors de l'identification des mots ce qui freine la fluidité de lecture. D'après Ramus, de 0 à 25 % des dyslexiques présentent des anomalies dans leur stratégie visuelle de lecture (cité par Mazeau et Pouhet, 2014, p. 324). Il s'interroge sur le fait qu'elles peuvent être soit la conséquence des données ci-dessus, soit la cause de la dyslexie de la personne.

Ensuite, quand les informations parviennent dans la zone de la forme visuelle des mots, alors cette région occipito-temporale présente une forte sous-activation (Démonet et al., 2004). Habib a confirmé cette diminution d'activité dans une méta-analyse en imagerie cérébrale fonctionnelle (2015). Outre cela, Eamon Mc Crory cité par Dehaene (2007, p. 325) pense que cette zone présente une désorganisation précoce, bien en amont de l'apprentissage de la lecture, et que c'est cette déstructuration qui ne permet pas la reconnaissance des mots.

Ainsi, nous constatons que des paramètres cérébraux d'ordre visuel font état de distinction chez les personnes dyslexiques et ce depuis la rétine jusqu'à la zone du cerveau qui traite les informations visuelles reçues. Voyons maintenant les divergences qu'il peut exister lors du traitement de ces données pour décoder, comprendre et élaborer la lecture d'un texte.

4.3.2 L'accès au son des lettres et au sens des mots

Comme nous l'avons vu dans la rubrique 4.2.2 le lobe temporal gauche permet la conversion des graphèmes en phonèmes et également l'accès au sens des mots. Certains auteurs mettent en évidence une sous-activation des parties supérieure et postérieure de ce lobe, notamment au niveau de l'aire de Wernicke, chez les sujets enfants et adultes dyslexiques. Ils affirment que cet amoindrissement d'activité empêche une normalité du traitement phonologique (Shaywitz et al., 1998). De plus, des chercheurs montrent que d'autres parties du lobe temporal présentent également une sous-activation chez ces sujets, pour preuve un débit sanguin anormalement faible dans ces zones (Paulesu et al., 2001). Il s'agit des régions temporales inférieures (Brunswick et al., 1999) et moyenne (Rumsey et al., 1997). La première est en lien avec la voie visuelle ventrale et a pour fonction la reconnaissance des formes, des visages et des objets usuels (Price et Devlin, 2003). La seconde, qui reconnaît également les formes, a une fonctionnalité dans la compréhension de phrases impliquant la mémoire de travail qui permet le maintien des éléments lexicaux. Enfin, d'autres auteurs suggèrent une désorganisation de cette région temporale gauche tous gyri confondus, de par de la matière grise trop dense à certains endroits et trop raréfiée à d'autres (Brambati et al., 2004; Silani et al.,

2005). Ce déséquilibre empêche une bonne communication neuronale et entraîne une altération de la connectivité entre les différentes zones de ce lobe.

Par ailleurs, toujours en lien avec le cortex temporal, la jonction temporo-pariétal de l'hémisphère gauche présente également une sous-activité chez les sujets dyslexiques lors de tâches phonologiques. Or, cette zone est reconnue comme celle qui supervise l'orientation automatique de l'attention (Corbetta et Shulman, 2002). Néanmoins, il a été montré qu'à partir de 200 ms de lecture, la faible activation des régions temporales gauches s'accompagne d'une forte activité de la région temporo-pariétale droite (Simos et al., 2000; 2002). Les auteurs évoquent la mise en place d'une stratégie anormale qui permet à l'hémisphère droit de compenser le manque d'activation du lobe temporal gauche.

Concernant maintenant le lobe pariétal qui contient notamment le territoire de Geschwind, nous rappelons que cette région est une aire de convergence auditive, visuelle et somesthésique dont les neurones multimodaux facilitent la lecture. Il affiche pareillement une hypo-activité chez les personnes dyslexiques. Cet amoindrissement est présent dans tout le territoire puisqu'il se retrouve aussi bien dans le gyrus supra-marginal (Dufor et al., 2007) qu'au niveau du gyrus angulaire (Shaywitz et al., 1998). De plus, les réseaux pariétaux postérieurs et supérieurs, moins actifs également chez ces sujets, sont très impliqués dans les mécanismes attentionnels et visuo-attentionnels (Vidyasagar et Pammer, 2010). Ceci expliquerait doublement les difficultés de lecture des individus dyslexiques.

Enfin, le troisième réseau cérébral impliqué dans le discernement des mots et l'élaboration de la lecture emprunte le cortex frontal contenant l'aire de Broca. Chez des enfants dyslexiques il a été montré une sur-activation au niveau du gyrus frontal inférieur gauche lors de tâches phonologique ou de lecture (Georgiewa et al., 2002). Les chercheurs émettent l'idée d'une compensation de cette aire en contrepartie de la sous-activation de la région temporale qui ne permet pas l'accès au décodage, ou alors d'une réponse abondante dû à l'aspect moteur de la parole qui est régi par cette région corticale. Cependant cette zone de Broca ne réagit pas de la même manière pour les adultes dyslexiques. En effet, chez ces derniers cette aire se sous-active (Richlan et al., 2011) ce qui laisse à penser que les mécanismes peuvent être quelque peu différents entre un enfant et un adulte dyslexique.

En conclusion, nous observons que les trois réseaux impliqués dans la lecture présentent des activités cérébrales différentes chez les sujets dyslexiques en comparaison avec des normo-lecteurs. En effet, en situation de lecture tout un pan des lobes temporal et pariétal gauche

s'anime faiblement, au même titre que leur jonction, alors qu'une partie du lobe frontal se suractive chez les jeunes et se sous-active chez les adultes. Ainsi, ayant établi que ces régions corticales répondent atypiquement chez les personnes dyslexiques, voyons comment les faisceaux d'association réagissent.

4.3.3 Les faisceaux de communication

Comme nous l'avons montré dans la rubrique 4.2.3, les faisceaux d'association qui permettent la communication entre les différents lobes d'un même hémisphère sont indispensables pour effectuer une lecture de qualité. Des chercheurs ont montré l'existence de dysfonctionnements de certains de ces faisceaux chez les sujets dyslexiques.

Tout d'abord, Vandermosten et d'autres auteurs (2012) affirment que chez les adultes il y a une anomalie de l'anisotropie du faisceau arqué, c'est-à-dire un défaut de directionnalité des fibres blanches montrant une désorganisation spatiale de ces dernières. Pour autant, des études ont prouvé que cette altération est présente bien avant l'âge de l'apprentissage de la lecture. En effet, des chercheurs ont montré que chez des élèves en classe de maternelle présentant un risque de dyslexie, le faisceau arqué est plus petit et a moins d'intégrité (Saygin et al., 2013). Encore plus tôt, chez des enfants nourrissons jusqu'à l'âge de dix-huit mois ayant une hérédité de dyslexie, des chercheurs ont constaté un faisceau arqué plus faible chez eux que chez ceux ne possédant aucune prédisposition familiale (Langer et al., 2017). Ceci prouve que ces anomalies structurelles ne sont pas influencées par l'apprentissage de la lecture puisqu'elles sont présentes déjà très tôt, bien en amont de l'âge scolaire et préscolaire.

Ensuite, une autre anomalie de connexion est soulevée par Boets et son équipe (2013). Ils démontrent une communication perturbée entre les aires auditives et l'aire de Broca empêchant ainsi les sujets dyslexiques de pouvoir lire correctement. Cette difficulté d'échanges de données est sujette au fait que les informations ne circulent pas de manière parfaite entre les lobes temporal et frontal. Ainsi, soit le faisceau fronto-occipital présente une déficience, soit c'est le faisceau arqué qui révèle un manquement. D'ailleurs, Vandermosten, Boets et leurs collaborateurs confirment une déficience de câblage du faisceau fronto-occipital décrivant une déviation de la direction des fibres de substances blanches. Ce désordre d'orientation priverait le lecteur de la voie directe (Vandermosten et al., 2012).

Enfin, plusieurs recherches montrent une altération et une désorganisation des faisceaux de connexions situés en profondeur entre les régions temporales et pariétales de l'hémisphère

gauche. Une étude révèle, chez des sujets adultes dyslexiques en comparaison à des normo-lecteurs, une anisotropie de diffusion de la matière blanche entre les deux lobes cités ci-dessus significativement corrélée avec les scores de lecture des deux groupes (Klingberg et al., 2000). Quelques années plus tard, des travaux démontrent le même résultat chez des enfants de 8 à 12 ans comparant des lecteurs normaux à des dyslexiques (Beaulieu et al., 2005). Enfin, d'autres auteurs arrivent à la même conclusion en comparant une population d'enfants ayant des troubles de la lecture avec des jeunes lecteurs moyens (Niogi et Mccandliss, 2006). De fait, il existe une notion de proportionnalité entre le degré d'anisotropie des fibres blanches temporo-pariétal gauche et le niveau de lecture d'un individu. Néanmoins, des chercheurs s'interrogent à propos de cette corrélation : est-ce l'anomalie de connexions de substances blanches qui provoque une dyslexie ou est-ce l'inverse ?

Ainsi, nous constatons que certains faisceaux de communication comme les faisceaux arqué, fronto-occipital et temporo-pariétal sont anormalement structurés chez les personnes dyslexiques. En effet, les fibres de substances blanches de ces faisceaux laissent apparaître des irrégularités anisotropiques ; cette anomalie n'est pas établie chez les normo-lecteurs. À présent, voyons comment se produisent l'élaboration et la production d'une lecture à voix haute chez les sujets dyslexiques.

4.3.4 L'élaboration et la production de la lecture à voix haute

Comme nous l'avons vu dans la rubrique 4.2.4, les informations stockées dans l'aire de Broca vont permettre de planifier et de programmer la lecture orale par l'intermédiaire des aires prémotrice, secondaire, supplémentaire et motrice primaire. De fait, tout un réseau articuloire se met en place afin que se réalise la production de la parole de ce qui est lu. Certains auteurs affirment que les personnes dyslexiques présentent un déficit dans leurs aptitudes articuloires entraînant un défaut de la boucle articuloire (Ivry et Justus, 2001; Nicolson et al., 2001). Cette dernière étant une composante de la boucle phonologique, elle-même étant un élément de la mémoire de travail, alors cette déficience entraînerait inéluctablement des difficultés lors de l'apprentissage de la lecture.

Par ailleurs, d'autres chercheurs démontrent que des enfants dyslexiques ne parviennent pas à définir la position de leurs différents éléments articuloires de la parole et que cela empêche la conversion des graphèmes en phonèmes (Heilman et al., 1996). D'ailleurs, quelques années auparavant une autre étude défendait la même idée en prouvant que des jeunes

dyslexiques ne reconnaissaient pas la position de leur langue, leur bouche ou encore leurs dents sur des dessins schématiques en rapport avec des sons proposés (Montgomery, 1981). Ainsi, une conscience articulatoire est nécessaire au lecteur afin d'activer les bons gestes moteurs-articulatoires, permettant l'accès à une conscience phonologique efficace. C'est ce que Griffiths et Frith (2002) ont confirmé chez des adultes dyslexiques, notamment sur des phonèmes spécifiques. Ils nomment cette déficience un « trouble de la conscience articulatoire ». De surcroît, des travaux de recherche précisent que c'est dans le timing des mouvements articulatoires qu'une différence est notable entre des enfants dyslexiques et ceux du groupe témoin (Lalain et al., 2003).

Enfin, cette difficulté de contrôle moteur des éléments articulatoires de la parole pourrait venir d'une hypoactivation de l'insula, mais aussi du cervelet détectée chez les personnes dyslexiques.

Pour conclure, nous notons que les personnes dyslexiques présentent une déficience de leurs aptitudes articulatoires de la parole. Nous remarquons également que leur représentation motrice des mouvements articulatoires lors de la production de sons est moins accessible que chez des normo-lecteurs. En effet, leur représentation mentale des éléments articulatoires utilisés pour produire des phonèmes est altérée. Ainsi, cette théorie motrice de la perception de la parole serait une des explications des difficultés de lecture des sujets dyslexiques. Voyons ci-après comment l'automatisation de la lecture se réalise chez ces derniers.

4.3.5 L'automatisation de la lecture silencieuse et oralisée

Comme nous l'avons vu dans la rubrique 4.2.5.1, l'automatisation de la lecture silencieuse est réalisable grâce à deux critères : l'entraînement engendrant des répétitions et l'utilisation de la voie ventrale. Le premier est réalisable de manière naturelle demandant de la motivation intrinsèque ou extrinsèque selon les individus, alors que le second a besoin de substrats cérébraux pour fonctionner. En effet, la voie ventrale qui permet une lecture directe utilise les faisceaux d'association suivants : longitudinal inférieur et fronto-occipital. Or, une étude a montré une latéralisation atypique de ces faisceaux chez des enfants dyslexiques par rapport à des sujets témoins et dont l'irrégularité se trouve corrélée avec le niveau de lecture des individus (Zhao et al., 2016). Ainsi, cette asymétrie fonctionnelle justifierait la déficience de la voie directe de lecture empêchant l'automatisme de l'acte de lire.

Comme nous l'avons vu dans la rubrique 4.2.5.2, l'automatisation de la lecture à voix haute requiert la coordination de séquences motrices afin de synchroniser les mouvements articulatoires de la parole et sollicite la mémoire procédurale pour retenir à long terme et de manière automatisée ces gestes moteurs. Pour ce faire, l'intervention du cervelet et de certains noyaux gris centraux (striatum et globus pallidus), appelés également ganglions de la base, sont nécessaires (figure 33 du 4.2.5.2). Or, des chercheurs ont montré une hypoactivation du cervelet chez des sujets dyslexiques en comparaison à des normo-lecteurs en situation de lecture, notamment lors de tâches de mappage de phonèmes sur des pseudo-mots (Stanberry et al., 2006). De plus, cette sous-activation cérébelleuse est aussi identifiée chez des personnes dyslexiques dans des tâches d'apprentissage procédural (Nicolson et al., 1999; Menghini et al., 2008). Par conséquent, ce dysfonctionnement du cervelet engendre des répercussions au niveau de la boucle cortico-cérébelleuse qui elle-même participe à l'automatisation de séquences motrices implicites. De fait, ce déficit cérébelleux ne permet pas l'automatisme des séquences motrices articulatoires dont a besoin le lecteur.

Ainsi, nous remarquons la présence de plusieurs obstacles qui empêchent l'automatisation de la lecture chez des sujets dyslexiques. D'une part, il y a une difficulté d'utilisation de la voie directe ou ventrale de par une déficience des faisceaux longitudinal inférieur et fronto-occipital, et d'autre part il existe une déficience du cervelet qui porte atteinte au système procédural de par le circuit cortico-cérébelleux.

Dans cette section, nous constatons qu'à chaque étape des circuits neuronaux de la lecture, depuis la perception visuelle des mots jusqu'à leur lecture automatique à voix haute, des différences sont démontrées entre les personnes dites normo-lectrices et les dyslexiques. En effet, des anomalies cérébrales sont identifiées engendrant des dysfonctionnements au niveau de la vision, de la conversion graphèmes-phonèmes, du champ de la compréhension, de la communication interne, de l'élaboration de la lecture, de la production de la parole et de l'automatisation. Cette somme de difficultés ne permet pas l'accès à une lecture réussie chez les sujets dyslexiques, même si bien sûr chacun ne possède pas tous les déficits énoncés ci-dessus, mais un ou plusieurs selon le niveau de sévérité de sa dyslexie.

Voyons à présent les circuits neuronaux utilisés lors d'un mouvement de coordination motrice. Si des similitudes apparaissent avec les circuits neuronaux de la lecture, alors ces données nous serviront lors du choix des exercices dans notre expérimentation.

4.4 Les circuits neuronaux d'un mouvement de coordination motrice

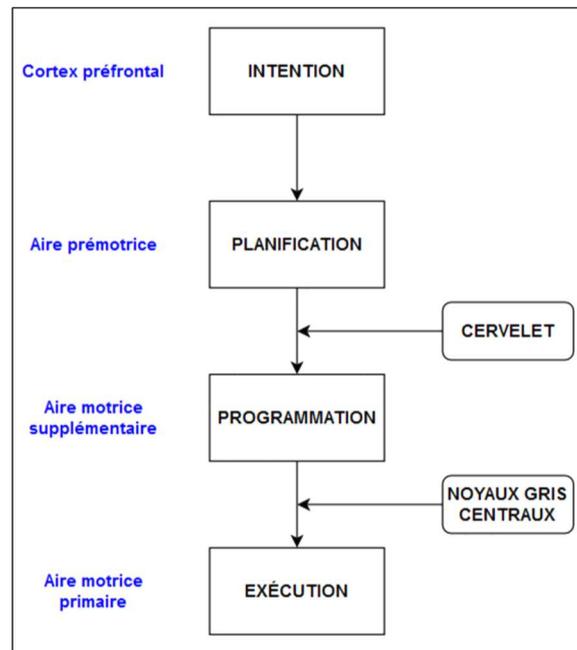
Lors d'un mouvement de coordination motrice, des informations circulent dans le corps humain depuis les récepteurs sensoriels extéroceptifs et intéroceptifs en passant par le cerveau jusqu'à la réalisation de l'acte moteur. Dans cette section, nous nous intéresserons uniquement aux parcours nerveux encéphalique. Nous pourrions ainsi comparer ces circuits aux deux précédents décrits dans les sections 4.2 et 4.3.

4.4.1 Les circuits corticaux et sous-corticaux du contrôle moteur

Le mouvement de coordination motrice est un mouvement volontaire défini par un acte moteur complexe intentionnel et non stéréotypé. Comme ce mouvement est volontaire alors une intention, qui émane du cortex préfrontal, est nécessaire pour débiter l'action motrice. Ensuite une planification de l'acte moteur se réalise dans l'aire prémotrice (APM) afin de mettre en ordre les différents mouvements. Puis une programmation s'effectue dans l'aire motrice supplémentaire (AMS) avec la participation du cervelet. En effet, le programme est envoyé au cervelet afin qu'il le valide directement, ou après l'avoir amélioré s'il en estime le besoin. Cette validation est faite en fonction du vécu moteur du sujet et des informations sensorielles qu'il perçoit via la voie afférente. Par contre, si c'est la première expérience motrice de ce type pour l'individu, alors le cervelet effectue juste une prédiction. Pour autant, dans les deux cas, le cervelet garde une copie du programme pour pouvoir effectuer des comparaisons ultérieurement. Enfin, l'exécution du mouvement est assurée grâce à l'aire motrice primaire (AMP) avec une implication des ganglions de la base qui sont des substances grises sous-corticales. En effet, une boucle motrice cortico-sous-cortico-corticale existe mettant en lien le cortex moteur, le thalamus et certains noyaux gris centraux (le striatum, le pallidum). Plus précisément, cette boucle comportant les ganglions de la base et la substance noire, est mise en relation avec l'AMS. Elle permet une modulation et une facilitation du programme moteur. De plus, elle va permettre à l'AMS de donner son accord à l'AMP concernant le programme choisi. De fait, cette dernière peut déclencher le mouvement par l'intermédiaire de la voie pyramidale.

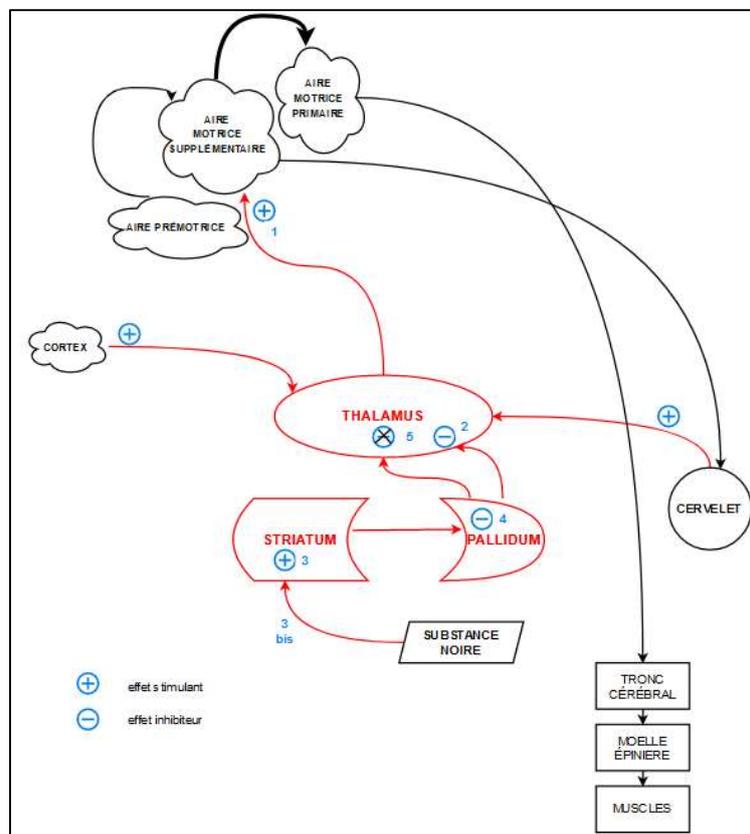
Ainsi, nous constatons que deux structures qui sont le cervelet et les ganglions de la base interviennent à différentes étapes du mouvement volontaire pour optimiser le programme moteur. Nous remarquons qu'il existe une organisation hiérarchisée du contrôle moteur volontaire au niveau cortical (figure 34) et une organisation circulaire des structures sous-corticales adjointe aux différentes aires motrices comme le présente la figure 35.

Figure 34 : Organisation hiérarchique encéphalique d'un mouvement volontaire



(Production de l'auteure)

Figure 35 : Organisation circulaire des structures sous-corticales en rouge mise en relation avec les différentes aires motrices



(Production de l'auteure)

Ainsi, ce fonctionnement sous-cortical se réalise de la manière suivante : le thalamus émet un effet stimulant sur l'AMS (1), mais cet effet est inhibé par le pallidum car celui-ci a un impact négatif sur le thalamus (2). Le striatum active un neurone inhibiteur (3) qui va bloquer le pallidum (4) et donc lever l'inhibition sur le thalamus (5). Ce dernier va donc pouvoir stimuler l'AMS. Quant à la substance noire, elle contient des neurones dopaminergiques qui dynamisent le striatum (3bis) qui, à son tour, va majorer l'inhibition du pallidum. Par conséquent, nous aurons une sur-augmentation de la stimulation de l'AMS et une facilitation du déclenchement du mouvement volontaire.

En synthèse, nous notons deux organisations dans le contrôle moteur volontaire, l'une au niveau cortical et l'autre sous-cortical. La première est hiérarchisée alors que la seconde est circulaire. Pour autant, lors d'un mouvement de coordination motrice, ces circuits neuronaux doivent également prendre en compte des retours d'informations appelés *feedbacks*. En effet, le sujet perçoit des *feedbacks* sensoriels qui vont modifier sa commande motrice. Il reçoit des informations visuelles, tactiles, auditives et proprioceptives qu'il prend en considération dans le but d'ajuster sa réponse motrice. Le paramètre visuel étant un des facteurs fondamentaux dans la lecture, nous allons détailler ci-après les circuits neuronaux qui touchent la vision lors d'un acte moteur.

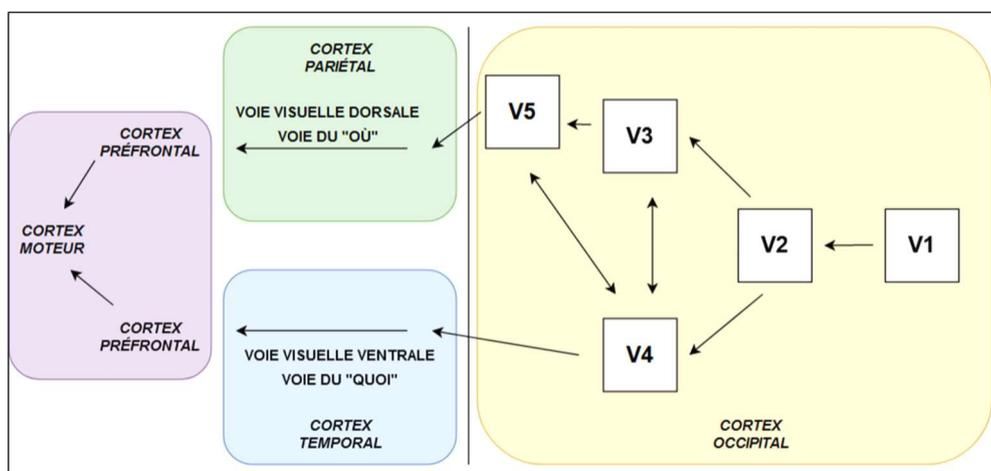
4.4.2 Les circuits neuronaux visuels dans l'acte moteur coordonné

Lors d'un acte moteur coordonné, comme par exemple un exercice de jonglerie, le sujet perçoit des informations visuelles comme le déplacement des objets lancés, leur position dans l'espace et leur situation les uns par rapport aux autres. Voyons comment ces données circulent dans la partie cérébrale pour parvenir au cortex moteur afin que celui-ci programme la réponse motrice la plus juste possible.

Les informations visuelles perçues par la rétine arrivent dans le lobe occipital au niveau du cortex visuel primaire (V1). Ces données transitent dans l'aire visuelle secondaire (V2) qui analyse le contour de ce qui est perçu. D'autres aires corticales visuelles existent et réagissent en fonction de ce que le sujet visionne. Cela peut être des mots, des visages, des formes qui peuvent être en couleur, en noir et blanc, en mouvement ou statique. Dans notre exercice de jonglage, la personne regarde des objets qui sont en mouvement. Ainsi ce sont les aires V3 et V5 qui s'activent car la première traite des formes en mouvement et la seconde analyse ces

déplacements. De plus, si les objets sont en couleur, alors l'aire V4 intervient également puisqu'elle a un rôle d'identification des couleurs. Ensuite, les informations des aires V3, V4 et V5 vont circuler en utilisant des voies différentes comme nous le constatons sur la figure 36.

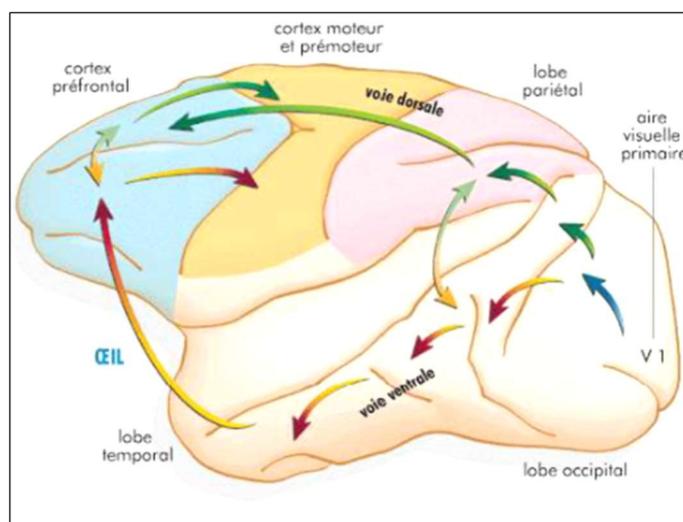
Figure 36 : Les voies visuelles lors un exercice de jonglerie



(Production de l'auteure)

Les données en V3 et V5 prennent la direction de la voie dorsale, traversent le lobe pariétal en passant par les aires d'association sensoriel et somatique intégrant pour la première les informations visuelles, auditives et vestibulaires et pour la seconde des signaux somesthésiques. Puis, toutes ces données se dirigent vers le lobe préfrontal pour enfin rejoindre le cortex moteur. Celles en V4 empruntent la voie ventrale, passent par le lobe temporal inférieur, puis le lobe préfrontal pour atteindre le cortex moteur.

Figure 37 : Les trajectoires dorsale et ventrale représentant les deux voies de traitement visuel

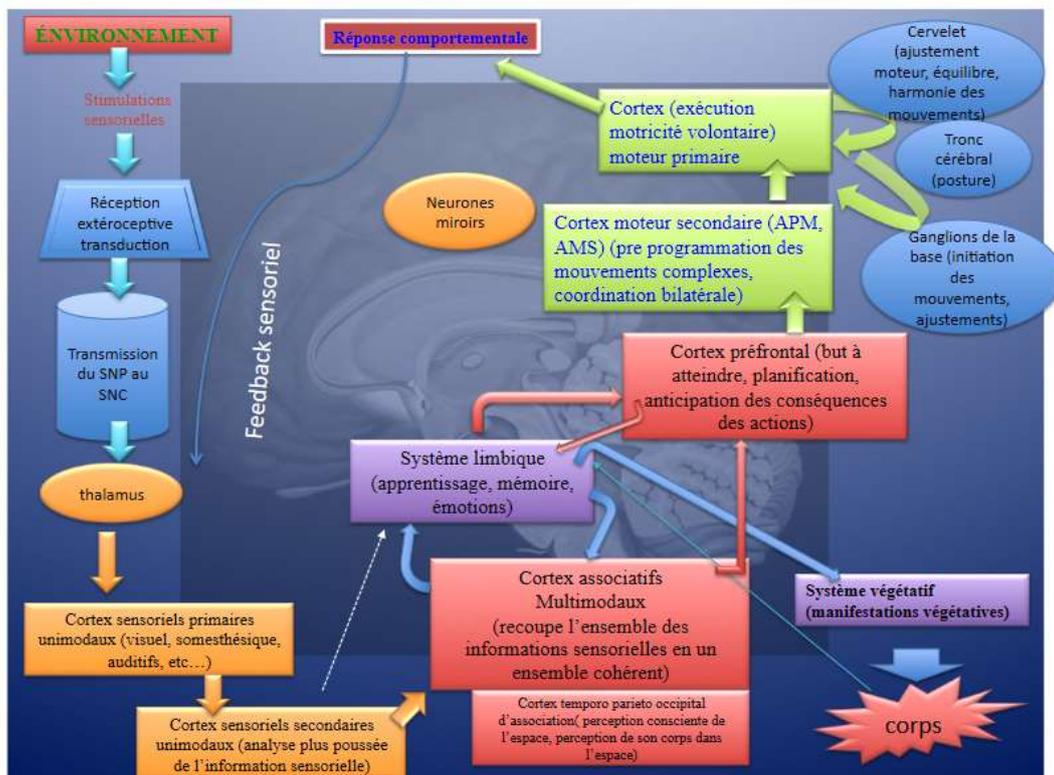


(D'après Boussaoud. Driss, 1998)

La localisation des voies dorsale et ventrale est présentée dans la figure 37. La voie dorsale est appelée la voie du *Where* ? traduit par « Où », alors que la voie ventrale est nommée la voie du *What* ? traduit par « Quoi » (cité par Milner et Goodale, 1995). Cela montre que le flux dorsal intervient dans la localisation des objets dans l'espace, alors que le flux ventral les identifie selon leur forme, couleur et matière. Ces deux types de traitement se réalisent simultanément (Boussaoud, 1998).

Ces retours d'informations visuelles que le sujet perçoit via la voie afférente, passent par les ganglions de la base et le thalamus, pour rejoindre le cortex visuel primaire, puis secondaire, puis les cortex associatifs multimodaux (sensoriels et somesthésique), pour ensuite être assimilés par le cortex préfrontal. Ainsi, ces nouvelles données vont s'intégrer et être traitées dans les boucles corticale et sous-corticale. Leur traitement entrainera une nouvelle planification, programmation et exécution motrice. Ce fonctionnement est identique pour d'autres types de feedback, qu'il s'agisse de retour d'informations kinesthésique, tactile, ou encore auditive. La figure 38 nous permet d'avoir une vue d'ensemble de l'organisation des substrats intervenant lors d'une action motrice coordonnée en présence de feedbacks sensoriels.

Figure 38 : Organisation encéphalique intégrant des feedbacks sensoriels



(corps Feedback sensoriel, s. d.)

Nous remarquons que les feedbacks, omniprésents en situation d'acte moteur coordonné, rajoutent des informations au système. Ces données supplémentaires empruntent les mêmes circuits cortical et sous-cortical, et bien que plus nombreuses, elles doivent être traitées rapidement afin de donner une réponse motrice adaptée à la situation. Voyons ci-après comment se réalise l'automatisation d'un mouvement coordonné afin de pouvoir ensuite le comparer à l'automatisation de la lecture.

4.4.3 L'automatisation d'un mouvement coordonné

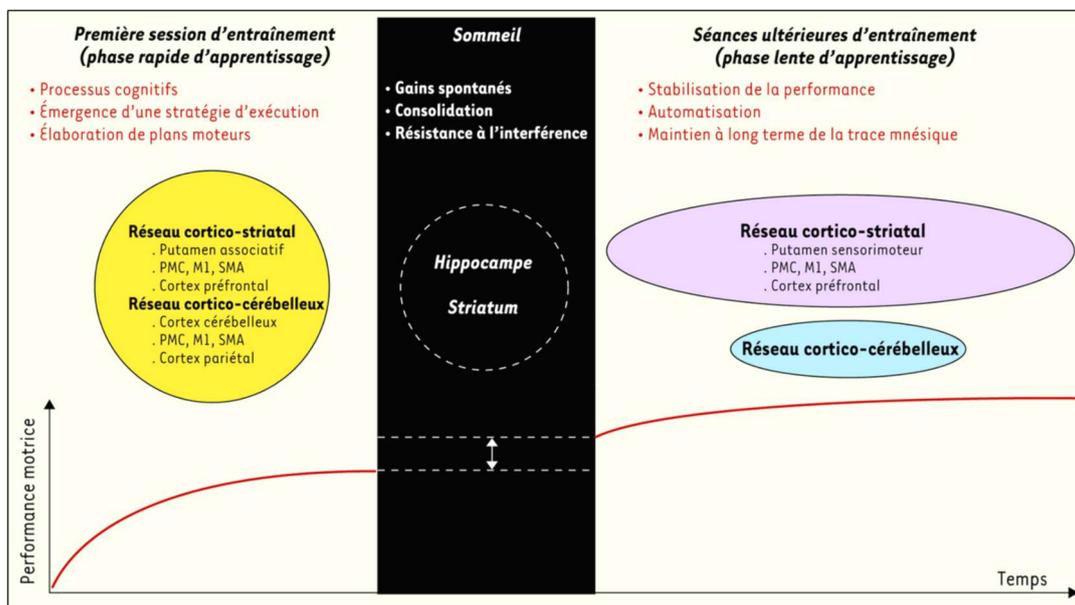
L'automatisation d'un mouvement coordonné a besoin de structures corticales et sous-corticales pour se réaliser. Ces substrats anatomiques utilisés lors de mouvements de coordination motrice sont-ils les mêmes que ceux utilisés lors de l'automatisation d'une lecture à voix haute chez un normo-lecteur, et leur fonctionnement est-il identique ? C'est ce que nous allons découvrir à présent.

Plusieurs d'études ont développé des modèles de représentation de l'activité cérébrale observée lors de séquences motrices (Doya, 2000; Hikosaka et al., 2002; Ashe et al., 2006). Elles s'accordent à dire que des éléments sous-corticaux, comme le thalamus et les noyaux gris centraux, des structures corticales à l'instar des cortex moteurs, mais aussi d'autres substrats tel que le cervelet, interviennent dans l'apprentissage et le contrôle de séquences motrices. La formation de boucles cortico-cérébelleuse et cortico-striatale permet respectivement la régulation et la consolidation de l'acte moteur pour la première citée et l'automatisation pour la seconde. Or, une recherche (Doyon et al., 2011) a identifié, en plus des autres substrats cités ci-dessus, l'intervention de l'hippocampe dans le processus d'apprentissage d'actes moteurs volontaires. Celui-ci joue un rôle dans la consolidation de la mémoire des séquences motrices (Albouy et al., 2008) et plus précisément dans le renforcement de la mémoire procédurale permettant ainsi l'automatisation (Albouy et Maquet, 2008). En effet, l'hippocampe est caractérisé comme le « palais de la mémoire » (Naccache, 2018, p. 61). C'est un noyau sous-cortical du système limbique qui est localisé à proximité du thalamus. Il est connecté avec différentes aires du cortex cérébral et notamment avec le lobe préfrontal (Chudasama et al., 2012), mais aussi avec le thalamus. Il joue un rôle dans la motricité volontaire de séquences motrices (Schendan et al., 2003). Par ailleurs, il dispense une autre fonction qui est la gestion de l'orientation spatiale. Il aide aux capacités d'orientation et à la mémoire spatiale de l'individu. Il est nommé « GPS cérébral » ou *Global Positioning System* par Lionel Naccache

(op.cit. 2018, p. 62). Par conséquent, l'implication de l'hippocampe est reconnue dans l'automatisation de séquences motrices et dans la gestion de l'orientation spatiale.

Dans cette étude de Doyon (op.cit. 2011), les auteurs relèvent l'importance du rôle du sommeil dans la consolidation de la trace mnésique motrice. D'ailleurs, d'autres études convergeaient déjà en ce sens quelques années plus tôt (Walker et al., 2002; Doyon et al., 2009). Dans cette recherche de 2011, les résultats montrent que l'hippocampe et le striatum ayant des rôles distincts lors de la réalisation de séquences motrices deviennent coopératifs lors de la phase de sommeil. Cette coopération engendre un gain de performance motrice permettant la reprise de ces mêmes actes moteurs à un niveau de départ plus élevé, comme nous pouvons le constater dans la figure 39. Cette étude démontre également que la répétition de ces mêmes actions motrices, entraînant de fait une automatisation, a pour conséquence une diminution de l'intervention de la boucle cortico-cérébelleuse puisque le sujet a moins besoin de réguler et de consolider ses mouvements, au profit de la boucle cortico-striatale qui développe l'automatisme.

Figure 39 : Modèle de plasticité cérébrale relié à l'apprentissage d'une séquence de mouvements



(Doyon et al., 2011)

https://www.medecinesciences.org/en/articles/medsci/full_html/2011/04/medsci2011274p413/F1.html

Enfin, même si dans notre expérimentation, nous ne pourrions pas intervenir sur le respect des temps de sommeil chez les sujets de notre population, il est important de reconnaître que ce facteur jouera un rôle dans les résultats obtenus. En effet, le sommeil assure des fonctions variées. Il intervient notamment dans les capacités cognitives qu'il s'agisse de l'attention et de la mémoire, dans les capacités physiques qu'elles soient motrice ou sensorielle, mais également dans la restauration et la réparation de l'organisme (Zendrera, 2017, Chapitres 6 et 7). Ceux-ci sont des paramètres dont les individus auront besoin lors de la réalisation des tâches expérimentales.

Dans cette section, qui traite des circuits neuronaux usités lors d'un mouvement de coordination motrice, nous notons la présence de circuits corticaux et sous-corticaux impliquant nombre de substrats (cervelet, ganglions de la base, substance noire) mis en relation avec différentes aires (prémotrice, motrice supplémentaire, motrice primaire). De plus, nous constatons que l'intégration de *feedbacks* au sein de ces circuits complexifient le processus, qui pourtant doit donner la meilleure réponse motrice possible. Par ailleurs, nous observons que les informations visuelles, selon leurs caractéristiques, prennent une trajectoire dorsale ou ventrale, entraînant une circulation des données de part et d'autre du cortex. En outre, nous montrons, via la revue de littérature, que l'automatisation de mouvements coordonnés empruntent les boucles cortico-cérébelleuse et cortico-striatale et qu'elle bénéficie en surplus d'une aide de l'hippocampe dans le processus de mémoire procédurale des séquences motrices. Enfin, nous apprenons que le sommeil joue un rôle important dans la consolidation de la trace mnésique motrice.

Dans les trois sections précédente de ce chapitre, nous avons développé les circuits neuronaux de la lecture chez des sujets normo-lecteurs et dyslexiques, mais également ceux usités lors d'un mouvement de coordination motrice. A présent, nous allons comparer ces données afin de déterminer les points de convergence. Ainsi, s'il apparait des analogies, celles-ci pourraient nous conforter dans l'idée que si nous développons ces circuits cérébraux en situation motrice alors ils pourraient amener de la performance dans d'autres domaines qui les utilisent, comme celui de la lecture. Ceci nous servirait de points d'appui lors de l'écriture de la discussion de cette thèse.

4.5 Les analogies cérébrales structurelles et fonctionnelles de la lecture et de la coordination motrice

Cette section consiste à identifier les analogies existantes dans les circuits neuronaux utilisés en situation de lecture et d'actes moteurs coordonnés. En effet, en nous intéressant aux sections 4.2, 4.3 et 4.4, nous constatons plusieurs structures et fonctionnements communs à ces deux tâches.

Après une analyse comparative des écrits présentés en amont, nous distinguons l'utilisation de structures communes mobilisées en situation de lecture et de coordination motrice tels les lobes occipital, frontal, les aires prémotrice, motrice supplémentaire, motrice, l'hippocampe, les ganglions de la base, le thalamus et le cervelet. De surcroît, nous notons également l'emploi commun de voies de communication comme ceux du faisceau fronto-occipital, des voies dorsale et ventrale. Enfin, nous constatons que l'usage des boucles cortico-cérébelleuse et cortico-striatale sont également employées dans les deux types situations. Nous décidons de détailler dans une première rubrique les structures communes, puis dans une seconde rubrique les fonctionnements communs.

4.5.1 Les analogies structurelles

Tout d'abord concernant les structures corticales, la sollicitation du lobe occipital tient du fait que la vision des lettres et des mots en situation de lecture, mais aussi des matériels sportifs et de l'environnement en situation motrice, demandent l'utilisation du cortex visuel primaire situé dans ce lobe. Ensuite, la mobilisation du lobe frontal est effective lors de la production de la lecture à voix haute, du fait de la participation du réseau articulaire demandant l'intervention de différentes aires motrices localisées dans ce lobe, mais aussi lors des étapes de planification et de programmation du traitement de l'information lors d'un acte de coordination motrice. Outre cela, la sollicitation du cervelet intervient également dans nos deux situations, notamment dans le contrôle des mouvements oculaires et articulatoires, l'attention visuo-spatiale, l'intégration intersensorielle, la posture et l'équilibre. A ceux-ci s'ajoute la coordination des praxies bucco-linguo-faciales lors de la lecture à voix haute et des mouvements lors de la réalisation d'actions motrices. Le cervelet joue également un rôle dans l'automatisation de la lecture et des actes moteurs. Qui plus est, le thalamus s'emploie aussi bien lorsque nous lisons que quand nous réalisons une action motrice, notamment par voie afférente pour intégrer et être le relais des informations sensorielles, mais aussi par voie

efférente pour stimuler la motricité qu'elle soit verbale ou générale. Enfin, la dernière structure commune recensée est l'hippocampe. En effet, lorsqu'un individu lit, il le mobilise afin de déterminer l'orientation spatiale des lettres, et quand il effectue un mouvement moteur, il le sollicite pour réussir à s'orienter dans son propre environnement. Dans les deux types de tâches, son implication permet également le développement de la mémoire procédurale qui entraîne l'automatisation de chacune.

Maintenant, concernant les structures sous-corticales, nous remarquons l'utilisation commune des ganglions de la base, dont le striatum qui reçoit les informations du cortex cérébral puis les traite avant de les rediriger vers le thalamus via d'autres noyaux (globus pallidus et la substance noire). L'activité des ganglions de la base renforce ou inhibe le mouvement selon s'il est désiré ou pas. Ainsi, ils interviennent dans le contrôle moteur articulaire des éléments de la parole en situation de lecture à voix haute, mais également lors de la réalisation d'une action motrice générale.

4.5.2 Les analogies fonctionnelles

Le fonctionnement commun de certains systèmes apparaît dans la comparaison de tâches de lecture et de coordination motrice. Tout d'abord, nous observons un premier système de communication nommé faisceau occipito-frontal. Il permet d'envoyer les informations visuelles du lobe occipital vers le frontal permettant la mise en relation directe des mots visionnés avec le réseau d'articulation de la parole pour lire à voix haute, mais aussi des éléments vus dans l'environnement du sujet avec la planification de l'action motrice souhaitée. Par ailleurs, nous soulevons l'utilisation d'un vocabulaire identique en termes de voies dorsale et ventrale dans nos deux activités. La première citée part du lobe occipital, traverse le pariétal pour arriver dans le frontal (en lecture cela correspond à la voie d'assemblage ou dite indirecte), alors que la seconde débute au lobe occipital, passe par le temporal pour terminer dans le frontal (voie d'adressage ou directe). Pour autant, il faut différencier les appellations de ces deux voies dans nos deux situations car même si les informations transitent par les mêmes lobes et dans le même ordre, les chemins neuronaux ne sont pas exactement les mêmes.

Enfin, nous attestons d'un même fonctionnement pour automatiser la lecture et un acte moteur ou des séquences motrices. En effet, l'intervention des boucles cortico-cérébelleuse et cortico-striatale sont sollicitées pareillement dans nos deux situations.

En conséquence des deux rubriques ci-dessus, montrant le croisement d'éléments identiques tant structurels que fonctionnels entre des tâches de lecture et de coordination motrice, nous émettons l'hypothèse suivante : « La sollicitation de structures et de systèmes de fonctionnement cérébraux en situation motrice permettrait d'amener une amélioration en lecture ». Pour autant, comme nous n'avons pas accès à du matériel médical de type IRM qui serait nécessaire pour confirmer ou infirmer cette hypothèse, nous n'avons pas fait apparaître cette dernière dans les hypothèses de cette thèse. Elle pourrait être reprise dans une autre étude qui bénéficierait d'un équipement adéquat.

Nous allons maintenant aborder la partie expérimentale qui étudie les effets de la coordination motrice sur l'évolution de la lecture chez des enfants dyslexiques en école élémentaire. Ainsi, le cinquième chapitre décrit le protocole quasi-expérimental mis en place, puis le sixième est consacré à la description et à l'analyse des résultats obtenus. Ils sont suivis du septième chapitre destiné à la discussion avant de terminer par la conclusion.

CHAPITRE 5 : NOTRE PROTOCOLE QUASI-EXPÉRIMENTAL

Ce chapitre 5 se focalise sur l'expérimentation menée auprès d'enfants dyslexiques. Il développe l'échantillonnage, le lieu de réalisation, les dates et les durées de l'expérimentation, les matériels utilisés, les instruments de mesure, le programme moteur et sa justification, pour se terminer par une synthèse de ce protocole quasi-expérimental.

Pour autant, en amont nous décidons de présenter à nouveau notre hypothèse et nos quatre sous-hypothèses afin de nous les remémorer à l'amorce de cette partie expérimentale.

Hypothèse principale:

La prise en compte de l'intégralité des composantes coordinatives améliorerait le niveau de lecture des enfants dyslexiques en école élémentaire.

Sous hypothèses :

- a/ La coordination motrice améliorerait le décodage en lecture des enfants dyslexiques en école élémentaire.
- b/ La coordination motrice améliorerait la fluence de lecture des enfants dyslexiques en école élémentaire.
- c/ La coordination motrice améliorerait la compréhension de lecture des enfants dyslexiques en école élémentaire.
- d/ La coordination motrice améliorerait plus favorablement le niveau de lecture des dyslexiques visuo-perceptuels plutôt que les dyslexiques phonologiques.

5.1 Le type de protocole

Notre protocole est dit quasi-expérimental. En effet, il n'est ni pré-expérimental, puisqu'il n'y a pas eu d'expérimentation avant la véritable expérience, comme une étude pilote, permettant de justifier si l'expérience peut être réalisée ou pas, ni expérimental car la chercheuse ne peut pas contrôler toutes les variables, comme dans un laboratoire. Ainsi, nous qualifions notre protocole de quasi-expérimental pour plusieurs raisons. Tout d'abord, nous disposons d'une variable indépendante qui est la coordination motrice et d'une variable dépendante qui est le niveau de lecture. En effet, la coordination motrice est utilisée et manipulée par la

chercheure pour tenter de faire varier le niveau de lecture des participants. Quant au niveau de lecture, c'est son phénomène de variation que la chercheure va essayer d'expliquer grâce aux mesures effectuées en décodage, fluence et compréhension. Ensuite, nous possédons deux groupes, l'un témoin et l'autre expérimental dont les participants, tous dyslexiques, ont été ventilés au hasard par tirage au sort. Enfin, ce plan de recherche quasi-expérimental permet de tester les hypothèses causales.

5.2 L'échantillonnage

Cette section décrit notre échantillon, sa taille, les critères d'inclusion et d'exclusion des participants, notre mode de recrutement, ainsi que la codification utilisée.

5.2.1 L'échantillon, sa taille, les critères d'inclusion

Notre population concerne les personnes dyslexiques. Nous y constituons deux échantillons composés d'enfants de huit à onze ans diagnostiqués dyslexiques, scolarisés dans un établissement d'enseignement primaire en Charente-Maritime, sortant d'une classe de CE2, CM1 ou CM2 (l'expérimentation s'effectuant durant l'été 2022). Ces élèves sont issus de familles parlant le français dans leur cadre familial, ayant pour langue maternelle le français.

Les deux échantillons regroupés totalisent douze enfants. Le premier échantillon est constitué de 6 jeunes qui forment le groupe témoin. Le deuxième échantillon est composé également de 6 enfants qui établissent le groupe expérimental. Nous choisissons un mode aléatoire pour la répartition des enfants dans chaque groupe. Ainsi, la distribution des participants dans les deux groupes est faite par le choix du hasard à l'aide d'un tirage au sort effectué par une tierce personne.

Les critères d'inclusion pour les participants des deux groupes sont des personnes sélectionnées indistinctement de sexe féminin ou masculin, présentant une dyslexie développementale diagnostiquée par un professionnel de santé (médecin ou orthophoniste). Tous les profils de dyslexie sont admis (phonologique, visuo-perceptuelle et mixte). Les parents des enfants faisant partie des deux échantillons ont donné leur accord libre et éclairé en signant le document de consentement. Enfin, les personnes sont volontaires et ne bénéficient pas de compensation financière.

5.2.2 Les critères d'exclusion, le mode de recrutement, la codification

Concernant les participants des deux échantillons, ils ont un critère d'exclusion qui est l'absence à au moins un test de lecture et de coordination motrice sur les deux proposés (absence à T0 ou T2). Concernant uniquement ceux de l'échantillon expérimental, il y a un second critère d'exclusion qui est l'absence à plus de deux séances du programme moteur sur les dix à effectuer.

Le mode recrutement se réalise de la manière suivante : tout d'abord, un appel public est réalisé auprès des écoles de l'île d'Oléron et chez les orthophonistes du secteur. Puis, nous attendons des retours par mail ou par téléphone de personnes intéressées par notre expérimentation. Suite à ces réponses, le recrutement se poursuit dans un premier temps par l'intermédiaire d'un contact téléphonique afin d'explicitier le projet de recherche et vérifier les critères d'éligibilité. Puis, dans un deuxième temps, pour les personnes recevables et intéressées, il y a un second contact qui se fera lors d'une rencontre physique et individuelle dans le but de préciser l'objet de recherche, d'expliquer le déroulement du programme proposé et de soumettre les documents de consentement à la signature des parents et des enfants.

Afin de préserver l'anonymat des données recueillies, nous codifions les noms et prénoms des participants. Nous choisissons d'utiliser les initiales qui suivent celles des participants en y ajoutant le chiffre 1 pour un CE2, 2 pour un CM1 ou 3 pour un CM2, ce qui pourrait donner par exemple RK3.

5.3 L'organisation générale de la quasi-expérimentation

Cette section expose le lieu d'accueil de la chercheuse et des participants où se réalise l'expérimentation. De plus, elle dévoile les dates des différents temps expérimentaux (T0, T1, T2) ainsi que leur durée. Enfin, elle développe tous les matériels nécessaires à l'expérimentation.

5.3.1 Le lieu, les dates et la durée de l'expérimentation

Le lieu de l'expérimentation se situe à l'école Jeanne d'Arc au 29 rue Pierre Loti à Saint Pierre d'Oléron, île localisé dans le département de Charente-Maritime (17) en France. Dans cet établissement scolaire, nous bénéficions d'une cour qui s'étend sur 600 m² comprenant un préau de 80 m² et une salle de motricité d'une surface 120 m². Cette dernière nous permet,

entre autres, un repli possible en cas de pluie afin de ne pas devoir annuler des séances du programme moteur. Ces trois espaces cités ci-dessus sont utilisés pour la réalisation des tests de coordination motrice et le programme moteur. Nous disposons également d'une salle de classe de 55 m² afin d'effectuer les passations des tests de lecture. Nous présentons, en annexe 1, l'autorisation d'utiliser les locaux de l'école afin de réaliser notre protocole quasi-expérimental.

L'expérimentation se déroule durant l'été pendant les vacances scolaires de juillet et août 2022. Une première série de tests composée d'un test de lecture et d'un test de coordination motrice, qui mobilise l'ensemble des participants, a lieu la première quinzaine de juillet (semaine 27 et 28). Cette passation est individuelle, ainsi une date qui convient aux parents et à l'enfant est programmée entre le lundi 4 juillet et le dimanche 17 juillet. La durée de ces deux tests est de 45 minutes, pour autant le rendez-vous est programmé pour une heure afin d'avoir du temps pour échanger avec l'enfant. En effet, nous l'interrogeons sur sa scolarité afin de connaître son niveau de classe, s'il a déjà redoublé, s'il est droitier ou gaucher, s'il fait du sport en club ou de la musique, nous le mesurons, le pesons et lui demandons sa date de naissance. Toutes les questions du questionnaire sont présentées en annexe 2. Nous appelons cette période de l'expérimentation T0.

Ensuite, le programme de coordination motrice, qui sollicite uniquement le groupe expérimental, se réalise durant la deuxième quinzaine de juillet (semaine 29 et 30). Il se déroule collectivement sur 2 semaines du lundi au vendredi de 10h à 12h. Nous nommons cette phase de l'expérimentation T1.

Enfin, une seconde série de tests constituée d'un test de lecture et d'un test de coordination motrice, qui mobilise à nouveau tous les participants, s'effectue la première semaine d'août (semaine 31). Nous choisissons avec les parents et l'enfant une date qui convient à chacun entre le lundi 1^{er} août et le dimanche 7 août puisque cette passation se réalise individuellement. Sa durée est la même qu'en T0, soit une heure. En effet, en plus des 45 minutes de tests, nous conservons un temps d'échange avec l'enfant consacré à lui demander si pendant la période T1 il a fait du sport, s'il est allé chez l'orthophoniste ou l'orthoptiste, ainsi que son ressenti sur la participation à cette expérimentation. Nous qualifions cette dernière période T2. Dans le tableau 11, nous présentons un planning des différentes dates et durées de notre expérimentation.

Tableau 11 : Planning des dates et des durées de l'expérimentation

	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche
27 ^{ème} semaine	Tests de lecture et de coordination motrice (45 minutes) T0 <i>1^{ère} quinzaine de juillet 2022</i> <i>(choix de la date par les participants)</i>						
28 ^{ème} semaine							
29 ^{ème} semaine	Programme de coordination motrice (2 heures par jour) T1 <i>2^{ème} quinzaine de juillet 2022</i>						
	18 juillet	19 juillet	20 juillet	21 juillet	22 juillet		
30 ^{ème} semaine	25 juillet	26 juillet	27 juillet	28 juillet	29 juillet		
31 ^{ème} semaine	Tests de lecture et de coordination motrice (45 minutes) T2 <i>1^{ère} semaine d'aout 2022</i> <i>(choix de la date par les participants)</i>						

(Production de l'auteure)

5.3.2 Les matériels utilisés

Lors de la réalisation de notre protocole expérimental, la chercheuse et les participants ont besoin de matériels et d'équipements sportifs, de documents d'investigation, d'accessoires scolaire, pédagogique et textile, de matériel audiovisuel, ainsi que d'un kit de premier secours. Nous décidons de détailler tous ces objets en commençant par ceux usités lors des tests de lecture, puis par ceux utilisés en situation motrice.

5.3.2.1 Les matériels des tests de lecture.

Voyons tous les objets nécessaires aux tests de lecture. Tout d'abord, nous avons besoin de documents d'investigation afin de présenter les listes de mots et les textes de lecture aux

participants et d'avoir ces mêmes exemplaires à remplir ainsi que les questionnaires pour la chercheuse. Nous les listons ci-dessous :

- La fiche de lecture liste de mots destinée au participant à T0
- La fiche de recueil liste de mots destinée à la chercheuse à T0
- La fiche de lecture « Les deux bossus » destinée au participant à T0
- La fiche de recueil de lecture « Les deux bossus » destinée à la chercheuse à T0
- Le questionnaire « Les deux bossus »
- La fiche de lecture liste de mots destinée au participant à T2
- La fiche de recueil liste de mots destinée à la chercheuse à T2
- La fiche de lecture « Au bord du fleuve » destinée au participant à T2
- La fiche de recueil de lecture « Au bord du fleuve » destinée à la chercheuse à T2
- Le questionnaire « Au bord du fleuve »

Puis, nous avons la nécessité d'utiliser du matériel audio afin que la chercheuse puisse réécouter la lecture et les réponses aux questionnaires des différents participants. Nous le notons ci-dessous :

- Un enregistreur audio

Ensuite, nous usitons un instrument de mesure du temps, indispensable à la chercheuse, pour déterminer avec exactitude la minute de lecture lors de la passation du test de fluence, mais aussi afin de chronométrer la lecture de chaque liste de mots. Nous le nommons ci-après :

- Un chronomètre

Outre cela, nous avons besoin de fournitures scolaires pour que la chercheuse puisse noter les diverses réponses des participants. Nous les citons ci-dessous :

- Des stylos

Enfin, nous utilisons un accessoire pédagogique lors du test de décodage où le participant doit lire trois listes de mots les unes après les autres. En effet, nous cachons deux listes sur les trois. Le cache est ensuite bougé lors de la lecture du changement de liste. Ce « cache antiparasitage » facilite l'attention sélective du lecteur, ses yeux n'étant pas attirés par les mots inscrits sur la liste d'à côté. Nous l'inscrivons ci-après :

- Un cache

Maintenant que nous avons décrit les objets indispensables aux tests de lecture, nous allons présenter ceux nécessaires aux situations motrices, c'est-à-dire durant le programme moteur et les tests de coordination motrice.

5.3.2.2 Les matériels du programme moteur et des tests de coordination.

Le programme moteur et les tests de coordination motrice demandent l'utilisation d'objets. Tout d'abord, nous avons besoin d'équipements sportifs afin de délimiter des zones de travail et de bénéficier d'un endroit de bilan et de récupération physique. Nous les listons ci-dessous :

- 15 coupelles de délimitation
- 2 bancs

Ensuite, nous avons la nécessité d'utiliser du matériel sportif pour que les participants puissent réaliser les exercices de coordination motrice proposés par la chercheuse. Nous les citons ci-après par types d'exercices.

- 18 foulards, 18 foulards lestés, 18 balles à grains, 18 balles de tennis
- 6 cordes à sauter
- 12 ballons d'éveil 18 cm, 6 ballons en mousse 22 cm
- 6 ballons d'éveil 18 cm, 6 ballons en mousse 22 cm, 6 ballons à réaction
- 12 sacs de grains de riz de 10 cm sur 10 cm
- 4 cerceaux plats bleus de 60 cm de diamètre, 4 cerceaux plats verts de 60 cm de diamètre, 4 cerceaux plats jaunes de 60 cm de diamètre, 1 ballon en mousse 22 cm
- 8 cerceaux à bord arrondi de 75 cm de diamètre
- 6 balles au pied
- 6 balles rebondissantes Bal-A-Vis-X 6 cm

Puis, nous devons, par mesure de sécurité, avoir en notre possession un kit de premier secours dans le but de pouvoir répondre à des accidents légers comme une égratignure. Nous l'indiquons ci-dessous :

- une trousse à pharmacie contenant des pansements et un antiseptique

Outre cela, nous avons besoin d'un matériel audiovisuel afin de filmer le déroulement des tests de coordination motrice dans le but de les analyser minutieusement à postériori et de

pouvoir donner une notation et une appréciation la plus précise possible en T0 et T2. Nous le notons ci-après :

- une caméra

De plus, il nous est indispensable de disposer d'un instrument de mesure du temps pour arrêter les quatre premiers exercices du test de coordination motrice car ils doivent se dérouler en un temps déterminé qui est d'une minute. Nous le citons ci-dessous :

- un chronomètre

De surcroît, nous avons besoin de fournitures scolaires pour que la chercheuse puisse noter les résultats des différents exercices du test de coordination motrice. Étant à l'extérieur, un support rigide est également nécessaire pour faciliter son écriture. Nous les nommons ci-dessous :

- un stylo
- un porte-document

Ensuite, nous amenons un accessoire textile que nous prêtons aux participants afin qu'ils se protègent du soleil et ainsi éviter qu'ils ne prennent un coup de chaleur. En effet, en plein été la Charente-Maritime est régulièrement touchée par de forte chaleur. Nous le stipulons ci-après :

- 6 casquettes

Enfin, nous apportons de quoi s'alimenter et s'hydrater afin que chaque participant soit dans les meilleures conditions physiques pour réaliser les deux heures journalières du programme moteur. Nous le spécifions ci-dessous :

- du sucre
- de l'eau

Pour conclure, tous ces objets cités en amont sont indispensables à la bonne réalisation du protocole expérimental. Ainsi, ils sont opérationnels depuis le premier jour de l'expérimentation jusqu'au dernier jour. Néanmoins, du matériel de remplacement est prévu en cas de casse ou de détérioration. A présent, voyons les instruments de mesure sélectionnés et usités durant les tests de lecture et de coordination motrice.

5.4 Les instruments de mesure

Nous utilisons des instruments de mesure afin d'obtenir expérimentalement des données sur le niveau de lecture de tous les participants, mais aussi sur le degré de progression éventuelle en coordination motrice des enfants appartenant au groupe expérimental et témoin. Nous expliquons ci-après les tests d'essai réalisés en amont du protocole ; tâches qui nous ont permis d'éprouver les tests pensés primitivement tant en lecture qu'en coordination motrice.

5.4.1 Les tests d'essai

Des prétests que nous appellerons tests d'essai sont réalisés à partir de novembre 2021. Le programme moteur est évalué le 11 novembre 2021 auprès de six élèves non dyslexiques de CE2, CM1 et CM2. Ces tests se réalisent dans l'enceinte de l'école Jeanne d'Arc de Saint Pierre d'Oléron où nous disposons de toutes les infrastructures puisque c'est un jour férié et que les élèves n'ont pas classe. Durant les trois semaines suivantes, nous testons le test de lecture où nous proposons les listes de mots, les textes narratifs et les questionnaires auprès de six autres élèves de cette même école de CE2, CM1, CM2, non dyslexiques. Ces passations de lecture se déroulent individuellement. Enfin, le mercredi 5 janvier 2022, après modification, le nouveau test de lecture est testé auprès d'un enfant dyslexique de CM1 n'appartenant pas à l'échantillon ; nous l'expliquons un peu plus loin.

L'ensemble de ces tests d'essai nous ont donné un aperçu réel de ce que nous voulions mettre en place. Ainsi, lors de leur réalisation nous avons rencontré des difficultés et des incohérences de différents types qui nous ont permis d'avoir une réflexion critique, de réétudier et de rectifier notre protocole. C'est ce que nous vous exposons ci-après.

5.4.1.1 Les tests d'essai du programme moteur

Neuf mois avant l'expérimentation, nous réalisons avec six élèves non dyslexiques de CE2, CM1 et CM2 le protocole de coordination motrice initialement pensé. Tout d'abord, nous constatons que la durée de certains ateliers sont trop courts et d'autres trop longs. En effet, sauter à la corde n'est pas un exercice que l'on peut réaliser longtemps puisque cela entraîne de l'essoufflement et une incapacité à poursuivre l'effort. Par contre, le dribble ou la jonglerie peuvent s'accomplir plus longuement puisqu'ils se déroulent en statique où l'individu ne présente pas de manque d'oxygène pour poursuivre l'activité. De fait, nous modifions certaines

durées d'exercices dans notre nouveau protocole. Ensuite, nous remarquons que l'emplacement des ateliers et des bancs pour la pause hydratation n'est pas idéalement bien agencés. De fait, nous repensons la gestion de l'espace afin de bénéficier d'ombre pour certains exercices mais aussi pour les pauses. De plus, nous réétudions l'ordre des ateliers pour éviter une manipulation trop importante du matériel. Puis, l'essai de différentes tailles et de matières de ballons nous permet de sélectionner les plus adaptés à la visée des exercices. De plus, nous questionnons les enfants sur l'ordre des variables mises en place pour chaque atelier. Pour cela ils déterminent leur échelle de difficultés. Nous constatons qu'à peu de chose près la chronologie proposée est juste, ainsi peu de modifications sont apportées dans la réécriture sur cette partie du protocole. Ensuite, nous remarquons qu'un exercice, celui intitulé « saisir au vol », ne peut être pratiqué convenablement, faussant l'objectif visé, ceci par le manque d'un repère visuel pour le participant. Par conséquent, nous y remédions en ajoutant un plot placé au sol 15 mètres devant l'enfant, ceci afin qu'il ne lève pas la tête avant son lancer et qu'il ne démarre pas plus tôt qu'il ne devrait. Par ailleurs, nous observons que les cerceaux à bords arrondis glissent sur le sol quand les enfants marchent dessus en effectuant le parcours. Par conséquent, nous précisons dans le nouveau protocole le type de cerceaux utilisés, distinguant ceux à bords arrondis pour l'exercice du cerceau qui roule, facilitant son déplacement, et ceux à bords plats utilisés pour les parcours car non dangereux puisque non glissants. Enfin, nous bénéficions d'une proposition d'un exercice en échauffement spécifique par un des élèves que nous incorporons dans notre protocole. Il s'agit de faire tourner un avant-bras dans un sens et l'autre dans le sens inverse.

Ainsi, grâce à toutes ces observations et par voie de conséquence aux modifications effectuées, nous pouvons penser que le nouveau protocole concernant la partie du programme moteur est fiable.

5.4.1.2 Les tests d'essai en lecture.

Compte tenu de nos recherches et du développement du premier chapitre, force est de constater que les tests de lecture doivent comporter du décodage, de la fluence et de la compréhension générale afin d'évaluer la lecture dans son entièreté. L'importance de l'évaluation de ces trois critères nous a été confirmée lors de plusieurs échanges avec une orthophoniste. Ainsi, nous cherchons des tests déjà existants et validés par des organismes spécialisés chacun dans leur domaine. Nous sélectionnons comme organismes de référence un laboratoire de recherche en Sciences de l'Éducation de l'Université de Grenoble nommé

Cognisciences et également le réseau des observatoires locaux de la lecture lié à l'Université de Paris, qui a pour acronyme ROLL. Nous détaillons leurs objectifs respectivement ci-après.

Le premier cité a pour objectif d'effectuer des travaux d'études sur les processus de développement, d'acquisition et d'apprentissage du nourrisson à l'enfant, en vue d'élaborer des outils pour les élèves en difficulté ou présentant des troubles spécifiques, mais aussi de créer des batteries de repérage des troubles du développement et des apprentissages. Enfin, leur activité propose également de la formation professionnelle pour des enseignants, des médecins, des orthophonistes ou encore des neuropsychologues. Notons que l'approche des membres du groupe de recherche, dont fait partie Sylviane Valdois, s'appuie sur les neurosciences et la clinique du normal au pathologique.

Le deuxième organisme cité est un dispositif du centre international de formation à distance des maitres (CIFODEM) qui a pour objectif de prévenir l'illettrisme en développant une pédagogie de la compréhension. Ce centre de recherche-action a été créé en janvier 2010 à l'université de Paris Descartes sur décision de la ministre de l'enseignement supérieur, à l'époque Valérie Pécresse, et est présidé aujourd'hui par le professeur Alain Bentolila. Ce réseau propose aux enseignants de mettre en place des ateliers de compréhension de textes (ACT) auprès de leurs élèves afin de développer leur compréhension depuis la maîtrise des mécanismes du code linguistique jusqu'à la construction singulière du sens. L'analyse des neuf champs de compétences qui composent la compréhension permet la présentation d'un travail ciblé pour chaque élève permettant une pédagogie différenciée. Notons que ce réseau utilise une démarche métacognitive. Enfin, la présence d'un tuteur, responsable départemental, permet une aide pour l'enseignant, mais aussi une mutualisation des résultats des différents enseignants qui utilise la méthode, afin de permettre au réseau d'évoluer. C'est pour cela que ce dernier est en constante mutation.

Le premier test choisi évaluant le décodage est issu du groupe Cognisciences et se nomme ODÉDYS (Outils de Dépistage des DYSlexies) version 2 de 2005, épreuve n°2 « lecture de mots ». Il contient trois listes de vingt mots à lire le plus rapidement en faisant le moins d'erreurs possible. Il présente une première liste de mots irréguliers, une deuxième de mots réguliers et une dernière de pseudo-mots.

Le deuxième test sélectionné estimant la fluence de lecture est également issu du groupe Cognisciences et s'appelle ELFE (Évaluation de la Lecture en Fluence), texte n°1 « Monsieur

Petit ». Il consiste à lire un texte le mieux possible pendant 1 minute. En annexe 3, nous attestons du droit qui nous a été accordé par Cognisciences d'utiliser leurs outils d'évaluation.

Le troisième test retenu estimant la compréhension est issu du ROLL (Réseau des Observatoires Locaux de la Lecture). Ce test propose au lecteur de lire un texte narratif de niveau CE2, CM1 ou CM2. Ensuite, le participant lit seize questions auxquelles il doit répondre par écrit en cochant une des quatre propositions de réponse qui lui sont proposées. En annexe 3, nous présentons un mail nous autorisant à utiliser le contenu de leur site web.

En effectuant des essais de ces trois tests réalisés à la suite auprès de six élèves non dyslexiques, nous nous rendons compte que le temps de passation est trop important et qu'une fatigue cognitive est décelable chez les lecteurs. Ceci entraîne une lassitude des enfants et des difficultés à rester concentré jusqu'au bout des trois tests. De plus, nous imaginons qu'avec des enfants dyslexiques, la fatigabilité serait majorée entraînant probablement une rapide démotivation et une perte de confiance en soi. Il fallait donc trouver une solution afin d'évaluer nos trois compétences en diminuant le temps de passation.

Après réflexion, nous décidons de réduire le nombre de mots lus dans le test ODEDYS, passant de vingt mots à dix tout en gardant les trois catégories de réguliers, irréguliers et pseudo-mots. Puis, nous choisissons de réaliser le test de fluence à l'aide du texte de lecture de compréhension. Ainsi, la lecture d'une minute se ferait dans le texte du ROLL et non pas dans celui de « Mr Petit ». Par conséquent, nous faisons deux tests en un, nous permettant de gagner du temps et diminuant la fatigabilité de l'enfant. Enfin, concernant le test de compréhension, nous optons pour que les questions de compréhension soient lues oralement par la chercheure et non par le participant ; ce dernier répond à l'oral également. Ceci permet un gain temporel, mais aussi la possibilité à l'enfant de comprendre les questions et donc de pouvoir y répondre. Effectivement, si c'est lui qui lit les questions et qu'il n'y parvient pas, il ne peut pas donner de réponse et donc sa compréhension ne peut pas être évaluée. Pour autant, nous précisons que la chercheure peut répéter si besoin une fois la question ainsi que les quatre propositions de réponse, mais qu'à aucun moment elle ne les explicite. Elle reste en retrait sans donner d'explication de vocabulaire. Enfin, notre choix de retenir un texte de lecture de CE2 pour l'ensemble des participants est dû au fait que ceux de CM1 et CM2 sont plus longs et proposent des phrases complexes tant dans leur tournure que dans le lexique utilisé. Ces textes ne seraient pas appropriés à des élèves dyslexiques.

Outre cela, nous décidons d'adapter l'écriture des tests pour des personnes dyslexiques afin de leur faciliter la lecture. En effet, nous augmentons la taille des caractères sélectionnant du quatorze et utilisons une police sans empattement optant pour de l'Arial. Ainsi, cette adaptation des tests à la situation des participants, leur permet de lire dans les meilleures conditions possibles compte tenu de leur trouble.

Enfin, après toutes ces modifications, un essai des tests de lecture a été réalisé auprès d'un enfant dyslexique n'habitant pas sur l'île d'Oléron afin de ne pas entamer mon échantillon expérimental. J'ai pu constater que les tests étaient adaptés tant au niveau de leur accessibilité et de leur compréhension, que de leur degré de fatigabilité.

5.4.2 Les tests de lecture à T0

Ainsi, nous proposons aux participants trois tests de lecture à T0 afin d'évaluer leur lecture dans sa totalité. Le premier mesure le décodage, le deuxième la fluence et le troisième la compréhension générale. Ces trois compétences seront à nouveau évaluées à T2 après la réalisation du programme moteur. Cette section vise à expliquer chacun des trois tests. Nous précisons que la chercheuse enregistre en audio les retours des participants.

5.4.2.1 Le test de décodage.

Tout d'abord, nous donnons pour rappel ce qu'est-ce le décodage. En lecture, le décodage est la capacité qu'a le lecteur de passer de la lettre ou du graphème au phonème (Brin-Henry et al., 1998, p. 92). Il va permettre l'identification de mots en associant des lettres ou groupes de lettres à des sons de la langue, qui combinés entre eux forment des syllabes puis des mots. Stanislas Dehaene précise que le décodage est le passage d'une unité visuelle à une unité auditive (2007). Tout d'abord, pour décoder, le lecteur sollicite la voie de lecture indirecte. Puis, à force d'entraînements réalisés comme des « gammes », il automatise l'identification des mots utilisant la voie directe. Ainsi, notre test va nous permettre d'évaluer le niveau de capacité de décodage du lecteur.

Nous utilisons ODÉDYS (Outils de Dépistage des DYSlexies) version 2 de 2005, épreuve n°2 « lecture de mots » comme test de décodage. Mais comme nous l'avons précisé dans la rubrique 5.4.1.2 nous effectuons une adaptation en réduisant le nombre de mots. Ce test consiste à lire le plus rapidement possible 3 listes de 10 items en faisant le moins d'erreurs

possible. La première liste se compose de mots irréguliers, la seconde de mots réguliers et la dernière de pseudo-mots. Chaque lecture de listes est chronométrée. Ainsi, pour chaque participant nous obtenons son score sur 10 ainsi que son temps de lecture pour chaque liste lue. De plus, la nature des erreurs produites est relevée. En effet, une case est disponible pour que la chercheuse inscrive le mot erroné lu par l'enfant. Par conséquent, ces trois types d'informations (score, temps et nature des erreurs) permettent d'identifier l'intégrité ou le dysfonctionnement de l'une ou de l'autre des procédures de lecture et par voie de conséquence des capacités de décodage du lecteur. Nous rappelons que l'enregistrement audio permet à la chercheuse de revenir à loisir sur la production de chaque enfant. Dans l'annexe 4 nous présentons la fiche du test pour le participant et en annexe 5 celle destinée à la chercheuse.

5.4.2.2 Le test de fluence.

Le mot fluence vient du latin *fluentia* qui veut dire « écoulement ; action de couler ; mouvement de ce qui coule » (CNRTL, s. d.-e). La fluence de lecture est le fait de lire un texte rapidement avec aisance et exactitude en respectant la prosodie et la ponctuation (Dachet, 2015). Cette habileté est évaluée à partir d'une lecture oralisée. Son niveau est déterminé par le nombre de mots correctement lus en une minute.

Nous décidons d'effectuer cette évaluation en utilisant le texte narratif « Les deux bossus » issu du ROLL. Il s'agit de lire cet écrit, présenté sans illustration, le mieux possible et rapidement pendant 1 minute. Le participant obtient le nombre de Mots Correctement Lus par Minute (MCLM) qui est déterminé en calculant le nombre de mots lus en une minute moins le nombre d'erreurs. Ces dernières correspondent soit à une faute de lecture soit au fait d'avoir sauté un mot. Ainsi, le score obtenu indique le niveau de compétence en fluence de lecture tout en connaissant le type d'erreurs réalisées par le lecteur. Par voie de conséquence, il donne une information sur les capacités de décodage du lecteur. Concernant les erreurs produites, la chercheuse procède de la manière suivante pour les notifier : lorsqu'un mot est mal lu, elle l'entoure et elle inscrit le mot prononcé à la place ; quand il y a le saut d'un mot ou d'une ligne, elle barre les termes oubliés. Dans l'annexe 6, nous présentons le texte « Les deux bossus » destiné au participant et dans l'annexe 7 celui attribué à la chercheuse. Dans cette dernière, nous avons ajouté le total de mots à la fin de chaque ligne dans le but de visionner rapidement le score provisoire de l'enfant. C'est à partir de ce résultat que seront soustraits les nombres d'erreurs et de mots oubliés. Le détail de ces critères reste visible sur cette fiche de recueil.

A titre informatif et pour moyen de comparaison, nous proposons le tableau 12, qui fournit des moyennes de MCLM en fonction du niveau de classe pour des élèves qui ne sont pas à besoins spécifiques (Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse, 2022a).

Tableau 12 : Nombre moyen de mots lus correctement par minute en fonction du niveau de classe pour des élèves sans trouble

	CP	CE1	CE2	CM1	CM2
Mots lus correctement par minute (en moyenne *)	50	70	90	110	120

[*] Ces niveaux de performance sont cependant à adapter au regard des besoins éducatifs particuliers des élèves concernés.

(Travailler la fluence, s. d.)

<https://eduscol.education.fr/document/31165/download>

Pour autant, nous sommes conscients que de demander à un enfant de lire un maximum de mots en une minute l'oblige à lire vite, et par conséquent volontairement ou involontairement à ne pas effectuer les pauses lors des points de fin de phrases, à ne pas ralentir lors de la présence d'une virgule et à être moins expressif lors de sa lecture. Or, la fluence de lecture dans sa définition, conçoit que le lecteur doive respecter la prosodie et la ponctuation. Ainsi, nous devons également évaluer les dimensions de l'expressivité et du phrasé qui compose la prosodie. Comme le définit Roland Goigoux (2022), professeur émérite des Universités en Sciences de l'éducation à l'Université Clermont-Auvergne, l'expressivité repose sur des variations d'intensité, de rythme, d'intonation adaptées à l'interprétation du texte. Il s'agit de moduler sa voix pour communiquer une part de l'implicite du texte, pour mettre en valeur certains mots et pour transmettre des émotions. Quant au phrasé, il explique qu'il repose sur la capacité du lecteur à respecter la syntaxe du texte pour réguler son souffle, déterminer les pauses et les variations d'intonation et pour découper les phrases complexes en petites unités de sens.

Ainsi, afin que ces deux dimensions soit testées de manière la plus objective possible, nous décidons de les évaluer indépendamment de la vitesse de lecture et donc distinctement du test où nous obtenons le nombre de mots lus correctement en une minute (MCLM). Pour ce faire, nous choisissons d'utiliser l'Échelle Multi-Dimensionnelle de Fluence (Godde et al., 2021) qui précise les modalités pour évaluer l'expressivité et le phrasé. Nous donnons ci-après l'explication de ces deux termes consentie collégalement par l'équipe de recherche précédemment citée :

- L'expressivité n'est pas liée directement à la syntaxe du texte mais plutôt à son sens. Elle est dépendante de la compréhension du texte par le lecteur. Les capacités à inférer de ce dernier vont permettre une meilleure expressivité.
- Le phrasé permet le découpage du texte en unités signifiantes. Ce découpage est réalisé grâce au placement et à la durée des pauses mais aussi de l'allongement de certaines syllabes. Le phrasé est lié à la syntaxe et à la ponctuation.

De fait, dans notre protocole, l'évaluation de l'expressivité et du phrasé se réalise dans le texte « Les deux bossus » après la première minute de lecture, à la suite du test MCLM.

Nous évaluons les participants entre la première minute et la deuxième minute de lecture. Ce temps de lecture court d'une minute permet d'éviter la fatigabilité du lecteur. Le système de notation est une échelle de 1 à 4. La note 1 correspond à une maîtrise faible et 4 à une maîtrise experte. De plus, afin d'obtenir une note subjective la plus précise possible, nous demandons à un autre enseignant que la chercheuse de donner son opinion sur la note qu'il mettrait aux différents participants. En effet, en amont, ce professeur s'approprie les critères d'évaluation de l'expressivité et du phrasé, puis écoute l'enregistrement audio. Ensuite, il attribue une note pour chaque enfant. Ainsi, la chercheuse et l'enseignant affectent chacun une note individuelle à chaque élève. Si leur note est identique alors celle-ci est validée. Si les deux évaluateurs affectent un score différent alors une discussion s'établit et chacun donne ses arguments. Ensuite, ils s'entendent sur la note finalement attribuée. Enfin, nous exposons ci-dessous le tableau 13 qui précise les critères d'évaluation de l'expressivité et du phrasé.

Tableau 13 : Échelle Multi-Dimensionnelle de Fluence, évaluation de l'expression et du phrasé

Dimension	1	2	3	4
Expression	Pas d'expression et peu d'enthousiasme dans la voix. Lit les mots comme ils arrivent. N'essaye pas de faire sonner comme du langage parlé. Monotone.	Un peu d'expression. Commence à utiliser sa voix pour sonner naturel dans certaines parties du texte mais pas partout.	Passage lu en partie avec expression. Sonne comme du langage parlé pour la plupart du texte. Volume de la voix approprié.	Lit avec une bonne expression et de l'enthousiasme durant tout le texte. Sonne comme du langage parlé.
Phrasé	Mot à mot fréquent. Intonation monotone.	Fréquents phrasés de 2 à 3 mots, une lecture hachée. Intonation inappropriée qui ne marque pas la fin des phrases et des propositions.	Mélange de longs phrasés sans pause et d'arrêts inappropriés pour respirer. Nombreuses pauses ne respectant pas la syntaxe. Intonation en partie adaptée.	Phrasé généralement correct, respectant la syntaxe du texte. Intonation adaptée.

(D'après Godde et al., 2021)

L'item « expression » évalue les expressions de mélodie, d'intensité et de volume correspondant à l'interprétation du texte.

L'item « phrasé » évalue le placement des pauses syntaxiques et respiratoires et l'intonation, dans le respect de la syntaxe du texte.

5.4.2.3 Le test de compréhension.

La définition de la compréhension en lecture trouve un consensus entre différents auteurs qui avancent le besoin d'une représentation mentale de ce qui est lu par le lecteur. Donnons pour exemple, Giasson et Vandecasteele qui déclarent que « comprendre un texte, c'est s'en faire une représentation mentale cohérente en combinant les informations implicites et explicites qu'il contient à ses propres connaissances » (2012, p. 227). Quant à Fayol, il affirme dans un écrit destiné au Programme Incitatif de Recherche en Education et Formation (PIREF), en vue de la conférence de consensus qui s'est tenu à Paris : « comprendre un discours ou un texte c'est construire une représentation mentale intégrée et cohérente de la situation décrite par ce discours ou ce texte » (2003) .

Pour ce faire, le lecteur doit maîtriser plusieurs compétences. Dans notre cas d'un texte narratif, elles sont au nombre de huit : l'espace et le temps, la syntaxe, le sens littéral, les inférences, les personnages, la logique du texte, le lexique et la compréhension générale. Nous les explicitons ci-dessous :

- l'espace et le temps correspondent à la perception des lieux et à la gestion du temps, à la chronologie des événements, à la signification temporelle verbale, tout ceci pour accorder le lecteur à la situation spatio-temporelle du texte lu ;
- la syntaxe renvoie aux règles de combinaison des unités linguistiques, c'est-à-dire au respect de l'ensemble des mots qui doivent être mis dans un certain ordre, mais aussi à l'utilisation pertinente de mots outils ;
- le sens littéral coïncide avec la sélection et la mémorisation des informations explicites présentes dans le texte afin de comprendre les propres idées de l'auteur ;
- les inférences sont des informations non écrites dans ce qui est lu, mais que le lecteur peut déduire à partir d'autres données du texte ou de ses propres connaissances générales sur le monde ;

- les personnages issus d'un écrit narratif préconisent la mise en relation du nom de ces personnages avec leurs diverses dénominations usitées tout au long de la lecture ;
- la logique du texte renvoie à son organisation, à la façon dont il est composé, qui n'est pas toujours la même d'un écrit à un autre. En effet, elle peut être différente au regard de sa fonctionnalité et de sa structure ;
- le lexique comprend l'ensemble des mots connus par le lecteur, mais aussi son vocabulaire actif et passif, ainsi que sa connaissance des règles permettant la formation des mots ;
- la compréhension générale permet de reconnaître de quel type de texte il s'agit comme par exemple un poème, un documentaire ou un conte, grâce à une analyse en surface comme la distinction de vers, de strophes, de schémas ou de graphiques, mais également de formules rédactionnelles comme « il était une fois ». Tout ceci permet la construction de la représentation mentale du texte et de savoir à peu près de quoi ça parle et de quoi il s'agit.

Pour évaluer la compréhension du lecteur, nous conservons le texte « Les deux bossus » issu du ROLL. Après avoir lu cet écrit entièrement, le participant répond à seize questionnements sous forme de questions à choix multiples (QCM) énoncées oralement par la chercheuse. Nous présentons ce questionnaire dans l'annexe 8. L'enfant donne ses réponses en langage parlé. Chacune des huit compétences sont évaluées deux fois sans être successives, l'une présentant une difficulté de niveau 1 plus facile que l'autre de niveau 2.

Les réponses obtenues au QCM sont catégorisées soit vraies (V), soit partiellement vraies (PV), soit partiellement fausses (PF), soit strictement fausses (F), comme nous pouvons le constater dans l'annexe 9. Le PV est une réponse reposant sur une indication absente du texte mais acceptable ou sur une information seulement partielle mais juste. Quant au PF, il repose sur une information prélevée dans le texte mais fausse ou sur l'interprétation d'une information absente du texte et incohérente. Ces critères de réussite, plus complets qu'une dichotomie vrai/faux, nous permettent d'établir un profil de lecteur précis puisqu'ayant accès à son type d'erreur dans chacune des huit compétences. En effet, ils nous renvoient avec clarté aux compétences efficaces qui empêchent le lecteur d'accéder à la compréhension de ce qu'il lit.

Enfin, par voie de conséquence, cette analyse permet ensuite à l'enseignant d'effectuer une remédiation la plus juste possible.

5.4.3 Les tests de coordination motrice à T0 et T2

Chaque participant effectue un test de coordination motrice à T0, puis le même à T2. Ce test est composé de six exercices qui évaluent les capacités coordinatives du sujet, tant de manière objective révélant un score, que subjective attestant de la précision du mouvement, la fluidité et de la souplesse. Effectivement, l'intégralité du test est filmée à T0 et à T2, ce qui permet à la chercheuse de visionner en aval la production physique de chaque participant. Par conséquent, elle peut évaluer finement les items de précision, fluidité et souplesse. Ces six exercices sont proposés identiquement avant et après le programme moteur. Cela permet une comparaison au plus juste évaluant l'évolution en coordination motrice du participant entre T0 et T2. Nous précisons que ces exercices dans leur ensemble sollicitent toutes les composantes coordinatives afin que les participants du groupe expérimental développent la coordination motrice dans son entièreté. Ces exercices sont au service de mes hypothèses, leur choix a été expertement étudié. En effet, ils sont en lien avec les douze composantes coordinatives développées dans la partie théorique de cette thèse dans la section 3.2. Nous développons ci-dessous les exercices à réaliser par l'enfant :

1/ exercice de jonglage :

Jongler avec deux balles de tennis. Le sujet compte le nombre de jongles qu'il effectue sans erreur. Quand la balle tombe au sol, le sujet remet son compteur à zéro.

Notation objective :

Retenir le meilleur score réalisé sans erreur en une minute.

Notation subjective :

Apprécier la précision du mouvement, la fluidité et la souplesse. Chacun de ces 3 critères est noté allant de 3 pour une maîtrise parfaite, passant par 2 ou 1 pour une maîtrise incomplète, et jusqu'à 0 pour maîtrise non acquise.

2/ exercice de sauts de corde :

Sauter à pieds joints en tournant la corde vers l'avant. L'individu compte le nombre de sauts qu'il effectue sans erreur. Quand il rate, il remet son compteur à zéro.

Notation objective :

Retenir le meilleur score réalisé sans erreur en une minute.

Notation subjective :

Apprécier la précision du mouvement, la fluidité et la souplesse. Chacun de ces 3 critères est noté allant de 3 pour une maîtrise parfaite, passant par 2 ou 1 pour une maîtrise incomplète, et jusqu'à 0 pour maîtrise non acquise.

3/ deux exercices de dribbles :

a/ Dribbler avec un ballon à l'aide de la main droite. Le participant compte le nombre de dribbles qu'il réussit sans perdre son ballon. Les dribbles sont réalisés uniquement avec un rebond. Quand il perd son ballon ou qu'il y a plus qu'un rebond alors il s'arrête et reprend son comptage à zéro.

b/ Dribbler avec un ballon à l'aide la main gauche. C'est le même exercice mais avec l'autre main.

Notation objective :

a/ Retenir le meilleur score réalisé sans erreur en une minute avec la main droite.

b/ Retenir le meilleur score réalisé sans erreur en une minute avec la main gauche.

Notation subjective :

Apprécier la précision du mouvement, la fluidité et la souplesse. Chacun de ces 3 critères est noté allant de 3 pour une maîtrise parfaite, passant par 2 ou 1 pour une maîtrise incomplète, et jusqu'à 0 pour maîtrise non acquise.

4/ exercice de saisie au vol :

Rattraper un ballon lancé par une tierce personne. Le participant est tourné dos à la cour et face au lanceur. Ce dernier envoie un ballon derrière le sujet. Le participant doit se retourner dès qu'il entend le rebond du ballon pour aller l'attraper avant le deuxième rebond.

Notation objective :

Retenir et comptabiliser le nombre de ballons rattrapés avant le deuxième rebond sur les 6 tentatives proposées.

Notation subjective :

Apprécier la précision du mouvement, la fluidité et la souplesse. Chacun de ces 3 critères est noté allant de 3 pour une maîtrise parfaite, passant par 2 ou 1 pour une maîtrise incomplète, et jusqu'à 0 pour maîtrise non acquise.

5/ exercice de sauts dans un cerceau qui roule :

L'individu fait rouler son cerceau avec sa main directrice et court à côté, puis il doit passer un pied dans le cerceau qui roule. Il essaie de renouveler la pose du pied dans le cerceau jusqu'à temps que le cerceau ne parvienne plus à rouler.

Notation objective :

Retenir et comptabiliser le nombre de pieds passés dans le cerceau après 6 tentatives.

Notation subjective :

Apprécier la précision du mouvement, la fluidité et la souplesse. Chacun de ces 3 critères est noté allant de 3 pour une maîtrise parfaite, passant par 2 ou 1 pour une maîtrise incomplète, et jusqu'à 0 pour maîtrise non acquise.

Dans la notation subjective nous différencions la note de 3 pour une maîtrise parfaite des trois critères qui sont la précision du mouvement, la fluidité et la souplesse. La note de 2 qui valide deux de ces trois critères. La note de 1 qui en valide un. Et la note de 0 qui en valide aucun. Nous présentons en annexe 10 les tableaux permettant de recueillir les résultats des tests de coordination motrice.

5.4.4 Les tests de lecture à T2

Comme en T0, tous les participants effectuent en T2, après le programme moteur, trois tests de lecture évaluant le décodage, la fluence et la compréhension. Nous conservons la structure, le fonctionnement et les critères d'évaluation identiques à ceux en T0. Pour autant, nous utilisons des mots et des textes différents. Ceci permet d'éviter l'effet « test-retest » ou dit aussi l'effet « d'apprentissage » qui entraîne une meilleure performance du sujet lors du deuxième test, principalement par mémorisation et apprentissage, en raison d'un laps de temps trop court entre les passations. Nous proposons de développer ces trois nouveaux tests ci-après.

5.4.4.1 Le test de décodage.

Nous conservons ODÉDYS version 2 de 2005, épreuve n°2 « lecture de mots » comme test de décodage. Puisque nous avons utilisé uniquement la moitié des mots irréguliers, réguliers et pseudo-mots lors du test de décodage en T0, nous utilisons l'autre moitié en T2. Ainsi, nous avons dix mots dans chaque liste que le lecteur lit en étant chronométré. En effet, le fonctionnement reste le même qu'en T0. Par conséquent, nous obtenons de nouveaux résultats en score et en temps pour la lecture des mots irréguliers, réguliers et pseudo-mots. Ceux-ci seront ensuite comparés à ceux recueillis en T0. Dans l'annexe 11 nous présentons la fiche du test pour le participant et en annexe 12 celle destinée à la chercheuse.

5.4.4.2 Le test de fluence.

De la même manière qu'en T0, nous effectuons le test de fluence à l'aide d'un texte narratif issu du ROLL qui s'intitule « Au bord du fleuve ». Nous le choisissons avec un même niveau de difficulté que le précédent, c'est-à-dire de CE2, afin de rester cohérent pour la comparaison future des résultats. Le fonctionnement de passation reste le même qu'en T0, à savoir que le participant doit lire l'écrit proposé le mieux possible et rapidement pendant une minute. Ainsi, nous obtenons le MCLM en ayant connaissance du type d'erreurs produites. Ces nouveaux résultats seront ensuite comparés à ceux obtenus en T0. Dans l'annexe 13, nous présentons le texte « Au bord du fleuve » destiné au participant et dans l'annexe 14 celui attribué à la chercheuse qui contribue au recueil des résultats.

De plus, nous effectuons l'évaluation de l'expressivité et du phrasé entre la première minute et la deuxième minute de lecture toujours sur le même texte intitulé « Au bord du fleuve ». Nous utilisons le même système de notation qu'en T0, soit une note pouvant aller de 1 à 4, estimée par la chercheuse et un autre enseignant, et la note finale étant fixée après validation par ces deux personnes.

5.4.4.3 Le test de compréhension.

Pour évaluer la compréhension en T2, nous utilisons le texte narratif « Au bord du fleuve » qui nous a servi précédemment pour évaluer la fluence. Cet écrit issu du ROLL présente seize questionnements sous forme de QCM qui sont posés oralement par la chercheuse. L'enfant donne ses réponses en langage parlé. En effet, la passation est réalisée de manière

analogue à celle de T0. Les mêmes huit compétences sont évaluées deux fois sans être successives avec les critères V, PV, PF, F, identiques à ceux de T0. De plus, les deux niveaux de difficulté dans chaque compétence sont maintenus. Ainsi, nous obtenons des résultats précis dans chaque compétence qui constitue la compréhension générale du lecteur. Ces données seront ensuite comparées à ceux obtenus en T0. Nous présentons en annexe 15 le questionnaire destiné à la chercheuse et en annexe 16 les différentes réponses de celui-ci.

5.5 Le programme moteur

Le programme moteur se déroule durant la deuxième quinzaine du mois de juillet 2022 à raison d'une séance de deux heures par jour du lundi au vendredi pendant deux semaines. Il consiste en un entraînement à des activités motrices. Il est composé au total de dix séances constituées chacune d'un échauffement général et spécifique, d'exercices de coordination et de jeux collectifs de coopération. L'échauffement général permet l'élévation de la température du corps qui engendre un meilleur rendement musculaire, articulaire, tendineux, ligamentaire, cardiaque, respiratoire et nerveux. Il prépare le corps aux exercices physiques qui suivront et a un rôle de prévention contre les blessures. Ensuite, l'échauffement spécifique consiste en une mobilisation adaptée à notre activité de coordination motrice. En effet, il comprend une série de tâches qui sollicitent en même temps différents membres du corps situés de part et d'autre de son axe. Ces exercices croisés permettent la coordination des hémisphères droit et gauche du cerveau, puisque le côté droit du corps est géré par la partie gauche du cerveau et vice versa. Ainsi les deux hémisphères fonctionnent simultanément favorisant les échanges neuronaux dans le corps calleux. Cet échauffement spécifique prépare le cerveau aux exercices de coordination motrice qui suivront. Ces derniers sont sélectionnés de manière très précise. Nous expliquons nos choix dans la section 5.6. En effet, les tâches doivent satisfaire toutes les composantes coordinatives (cf. 3.2) afin que les enfants travaillent la coordination motrice dans son intégralité. Enfin, un jeu collectif de coopération est mis en place à chaque séance. Il vise également à améliorer la coordination motrice, mais sa finalité est aussi de créer une cohésion de groupe entre les différents participants puisque la majorité des exercices proposés s'effectue individuellement. En effet, un groupe fédéré engendrera chez le jeune une envie et une motivation pour poursuivre le programme moteur et revenir chaque jour, et également pour effectuer dans les meilleures conditions les exercices qui s'effectuent à plusieurs, comme ceux

du rythme en geste miroir et celui du cercle de destiné. Nous développons ci-dessous une séance type depuis l'accueil des enfants jusqu'à la fin de la séance.

Préparation du matériel

Avant l'arrivée des enfants, la chercheuse prépare les neuf ateliers, ainsi que la trousse à pharmacie, de l'eau et du sucre.

Accueil des enfants (10 min)

A 10h, la chercheuse accueille les enfants et échange expressément avec les parents dans le but de recueillir des informations qui pourraient être importantes quant à la disponibilité physique et mentale des participants. Cet échange permet d'obtenir des renseignements comme une sortie la veille au soir entraînant une courte nuit d'où un manque de sommeil par exemple. Ce dernier pouvant expliquer des difficultés à effectuer les exercices moteurs plus particulièrement ce jour. Ensuite, les parents s'en vont et la chercheuse présente l'organisation de la matinée aux enfants.

Exercices d'échauffement général : (7 min)

- Courir autour de la cour en trottinant. Trois tours sont demandés, soit environ 300 mètres de footing. Cela permet l'échauffement cardio-respiratoire.
- Ensuite, effectuer en marchant des montées de genoux sur la moitié d'un tour de cour puis en trottinant durant l'autre moitié. Cet exercice contribue principalement à l'échauffement musculaire des quadriceps, des psoas, des mollets et des abdominaux ainsi que des tendons qui s'y rapportent, et à l'échauffement articulaire des hanches et des genoux ainsi que des ligaments qui y sont associés.
- A la suite, réaliser en marchant des talons-fesses sur la moitié d'un tour de cour puis en trottinant durant l'autre moitié. Cette tâche contribue plus particulièrement à l'échauffement musculaire des ischios et des mollets ainsi que des tendons qui s'y joignent, et à l'échauffement articulaire des genoux et des chevilles ainsi que des ligaments qui s'y rattachent.

Porter une attention particulière aux bras de chaque participant afin d'observer l'utilisation des bras et des jambes de manière opposée. Ceci permet au sujet d'équilibrer son corps ; l'équilibre étant un élément indispensable pour être coordonné. De plus, la chercheuse bénéficie d'une indication sur la capacité de coordination de l'enfant, notamment celle de ses bras et de ses jambes.

- Puis, faire des déplacements en pas-chassés en étant tourné vers l'extérieur durant la moitié d'un tour de cour et vers l'intérieur durant l'autre moitié. Cet exercice participe en premier lieu à l'échauffement musculaire des adducteurs, des abducteurs et des mollets ainsi que des tendons qui s'y rapportent, et de l'échauffement articulaire des hanches, des genoux et des chevilles ainsi que des ligaments qui y sont associés.
- Enfin, sur place réaliser des mouvements articulaires, des épaules, du cou, des coudes et des poignets. En effet, les exercices précédents ont avant tout échauffé le bas du corps au niveau articulaire, ainsi nous devons échauffer les articulations du haut du corps afin que l'enfant soit préparé physiquement en totalité.

Exercices d'échauffement spécifique : (5 min)

Cet échauffement spécifique est constitué d'exercices de mouvements croisés et de tâches bilatérales sans être croisées cherchant à synchroniser des mouvements différents ou inverses.

- En position debout, toucher avec sa main droite le talon de son pied gauche puis avec sa main gauche le talon de son pied droit en passant devant le corps.
- Même exercice que ci-dessus mais en passant derrière le corps.
- En position debout, tourner sa main droite sur son ventre et taper sur sa tête avec sa main gauche. Puis changer le rôle des mains.
- En position assise, placer devant soi ses deux mains fermées, les ongles face à soi. Déplier le pouce de la main droite et le petit doigt de la main gauche en même temps puis les replier et déplier à leur tour le pouce de la main gauche et le petit doigt de la main droite. Continuer en alternant ces deux actions.
- En position assise, faire tourner un avant-bras dans un sens et l'autre dans l'autre sens.
- En position assise, poser sa main droite sur sa joue gauche et sa main gauche sur son oreille droite puis changer et mettre sa main gauche sur sa joue droite et sa main droite sur son oreille gauche. Continuer à alterner ces deux actions.
- Enfin, en position debout, faire tourner un bras dans un sens et l'autre dans l'autre sens.

Ces exercices permettent « d'échauffer » les connexions neuronales interhémisphériques, dans un état de conscience absolue où l'individu est dans l'obligation de prendre les pleins pouvoirs sur ses fonctions exécutives.

Exercices de coordination motrice :

Les ateliers se font par 6, c'est-à-dire que les 6 enfants du groupe expérimental réalisent chaque atelier en même temps. Les participants exécutent les exercices et ont aussi la possibilité

d'observer leurs camarades en action. En effet, le fait de regarder une autre personne accomplir un mouvement sans le réaliser soi-même permet la mise en action de neurones miroirs. Ceux-ci sont des neurones moteurs qui s'activent dans le cerveau alors que le sujet n'exécute pas le geste. De fait, cela entraîne le circuit moteur comme si le sujet effectuait physiquement le mouvement. Ainsi, nous comprenons que pour les participants il est plus profitable de visionner un modèle parfait plutôt que mal accompli, d'où la nécessité que la chercheuse effectue une démonstration avant chaque exercice.

Exercice n°1 : jongler (6 min)

Jongler avec deux foulards de couleurs différentes en position debout.

Variables pour complexifier la tâche :

V1 : utiliser des foulards lestés

V2 : utiliser des balles à grains

V3 : utiliser des balles de tennis

V4 : introduire un troisième foulard

V5 : introduire un troisième foulard lesté

V5 : introduire une troisième balle à grains

Exercice n°2 : sauter à la corde (4 min)

Sauter à la corde sur place en tournant la corde vers l'avant.

Variables pour complexifier la tâche :

V1 : sauter à cloche-pied pied droit

V2 : sauter à cloche-pied pied gauche

V3 : tourner la corde vers arrière

V4 : sauter en croisant les bras en tournant la corde vers l'avant

V5 : sauter en croisant les bras en tournant la corde vers l'arrière

Exercice n°3 :dribbler (8 min)

Dribbler à deux mains avec un ballon en réalisant un seul rebond.

Variables pour complexifier la tâche :

V1 : dribbler à une main (main droite)

V2 : dribbler à une main (main gauche)

V3 : dribbler à deux mains avec deux ballons identiques

V4 : dribbler à deux mains avec deux ballons de taille et de rebond différents .

Jeux collectifs de coopération

En gardant notre objectif de travailler la coordination motrice, mais aussi afin de favoriser la cohésion du groupe, nous proposons 2 jeux collectifs, le premier est réalisé la première semaine, le second la semaine suivante.

a) Les cerceaux magiques (5min) :

Les participants forment un cercle et se tiennent la main. La chercheuse introduit un cerceau entre deux participants en leur détachant les mains, puis celles-ci sont à nouveau jointes. Les enfants doivent faire circuler le cerceau en passant leur corps à travers, sans lâcher les mains de leurs voisins. Quand le jeu de coopération est compris et maîtrisé, la chercheuse introduit deux cerceaux dans le cercle.

b) Le cerceau pivotant (5 min):

Les participants forment un cercle sans se tenir les mains. L'un d'entre eux se place au centre et fait tourner un cerceau. En se replaçant sur le cercle, il nomme le prénom d'un de ses camarades. L'enfant entre dans le cercle et prend la suite pour faire tourner le cerceau pour qu'il ne s'arrête pas et ainsi de suite. Afin de motiver les enfants, la chercheuse chronomètre la durée où le cerceau reste en mouvement. Le compteur est remis à zéro à chaque nouvelle tentative. Durant les cinq jours, les participants essaient de battre le record collectif de la veille.

Exercice n°4 :saisir au vol (5 min)

Tenir un ballon derrière son dos en position bras cassés derrière la tête tout en fixant un plot placé au sol 15m devant, ceci afin que l'enfant ne lève pas la tête avant son lancer. Puis, il

réalise une extension de l'avant-bras sur le bras afin de lancer le ballon par-dessus sa tête. Dès que le sujet aperçoit la balle dans son champ de vision, il court pour la rattraper avant le deuxième rebond.

Variables pour complexifier la tâche :

V1 : en gardant le même positionnement, utiliser un ballon en mousse

V2 : en gardant le même positionnement, utiliser un ballon à réaction

V3 : le sujet est retourné, dos à l'endroit où il va lancer la balle. Dès qu'il entend le premier rebond, il se retourne et court. Il doit rattraper le ballon avant le deuxième rebond.

V4 : en gardant ce second positionnement, utiliser un ballon en mousse

V5 : en gardant ce second positionnement, utiliser un ballon à réaction

Exercice n°5 : suivre un rythme en geste miroir (10 min)

En binôme. A guide, B imite en suivant le rythme de A.

La position de départ est la même pour A et B : les bras sont le long du corps, les coudes pliés, les avant-bras parallèles au sol et les mains ouvertes tournées vers le ciel. A et B sont face à face.

Pendant le déroulement de l'exercice, les participants disent oralement les temps du rythme (1-2-3-4).

- a) A tient dans sa main droite un petit sac en tissu rempli de grains de riz. Il le passe de sa main droite à sa main gauche en traversant la ligne imaginaire de l'axe du corps ; la main droite se retournant pour poser le sac sur la main gauche ouverte (ceci correspond au temps 1 qui est compté oralement). Puis, il repositionne sa main droite en traversant à nouveau la ligne imaginaire de l'axe de son corps (ceci correspondant au temps 2 qui est compté oralement). Ensuite, le même mouvement est réalisé pour passer le sac de la main gauche à la main droite (ceci correspondant aux temps 3 et 4 qui sont comptés oralement).

B qui est placé en face de A fait la même chose que A en même temps (à réaliser 8 fois sur les 4 temps).

Puis, changement des rôles, B guide et A imite.

- b) Même début d'exercice pour les temps 1 et 2 que dans le a). Puis, A passe le sac derrière son dos pour le changer de main, c'est-à-dire qu'il le passe de sa main gauche à sa main droite (ceci correspond au temps 3 qui est compté oralement). Enfin, A reprend sa position de départ, avec le sac posé sur sa main droite (ceci correspond au temps 4 qui est compté oralement).

B qui est placé en face de A, imite en respectant le *timing* (à réaliser 8 fois sur les 4 temps).

Enfin, à refaire 8 fois dans l'autre sens de rotation, c'est-à-dire en débutant l'exercice avec le sac dans la main gauche.

Puis, changement des rôles, B guide et A imite.

- c) Réaliser l'exercice a) en avançant le pied opposé à la main qui donne le sac à l'autre main lors des temps 1 et 3 puis en repositionnant ce pied à côté de l'autre aux temps 2 et 4.

Puis, changement des rôles, B guide et A imite.

- d) Réaliser l'exercice b) en avançant le pied opposé à la main qui donne le sac à l'autre main (lors des temps 1 et 3). A faire 8 fois sur les 4 temps. Puis, à refaire 8 fois dans l'autre sens de rotation, c'est-à-dire en débutant l'exercice avec le sac dans la main gauche.

Puis, changement des rôles, B guide et A imite.

- e) A tient son sac dans la main droite. Puis, au temps 1 il dépose son sac dans la main gauche de B en retournant sa main, et en même temps il avance son pied opposé c'est-à-dire le gauche. Au temps 2, il repositionne sa main droite et son pied gauche en le remettant au côté de l'autre. B fait la même action, ainsi il dépose son sac dans la main gauche de A. Ensuite au temps 3, A dépose le sac qu'il vient de recevoir dans sa main gauche, dans la main droite de B en avançant en même temps son pied droit. Le temps 4 correspond au repositionnement de départ. Ceci est à réaliser 8 fois sur les 4 temps.

Puis, changement des rôles, B guide et A imite.

Variable pour complexifier la tâche :

V1 : ne plus compter oralement et se repérer au bruit des sacs

V2 : accélérer le rythme en comptant oralement

V3 : accélérer le rythme sans compter oralement

Exercice n°6 : effectuer un parcours de cerceaux (6 min)

- a) Des cerceaux sont disposés par rangée de deux, accolées et en quinconce à la suite les uns des autres comme le montre le schéma suivant (figure 1). Dans les cerceaux bleus le sujet pose le pied droit, dans les cerceaux verts le pied gauche et dans les jaunes les deux pieds en sautant à pieds joints. Arrivée à la fin du parcours, le participant passe sur le côté du parcours et va se replacer au départ derrière le participant qui le précède.

Réaliser le parcours 7 fois.

Variables pour complexifier la tâche :

V1 : taper dans les mains en même temps que les déplacements

V2 : attraper un ballon envoyé par la chercheuse placée sur le côté du parcours

V3 : poser le pied gauche dans les cerceaux bleus et le pied droit dans les cerceaux verts

V4 : en gardant le positionnement des pieds de V3, attraper un ballon envoyé par la chercheuse placée sur le côté du parcours

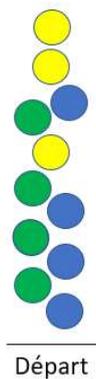


Figure 1

- b) Des cerceaux bleus, verts et jaunes sont disposés par deux les uns à côté des autres (figure 2). Le participant se place au départ et débute sa course. Dès qu'il démarre, la chercheuse annonce une couleur de cerceau. L'enfant ne doit pas mettre de pied dans les cerceaux de la couleur annoncée tout en posant un pied par cerceau dans les autres.

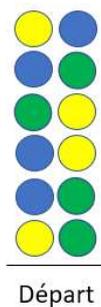


Figure 2

Exercice n°7 : sauter dans un cerceau qui roule (5 min)

Faire rouler à l'aide de la main droite un cerceau verticalement et trotter à sa gauche (pour un droitier). Passer le pied droit dans le cerceau roulant puis le retirer, à refaire jusqu'à ce que le cerceau ne roule plus. (Pour un gaucher on inverse la main et le pied).

Variables pour complexifier la tâche :

V1 : faire rouler le cerceau plus vite

V2 : faire rouler le cerceau verticalement avec la main gauche en courant à droite du cerceau puis poser plusieurs fois le pied gauche dans le cerceau roulant (indication pour un droitier, faire l'inverse pour un gaucher)

Exercice n°8 : balle au pied (2 min)

Les participants ont chacun à leur pied droit un petit cerceau entourant leur cheville relié à une corde, où est accrochée à son extrémité une balle. Ils doivent réussir à faire tourner le petit cerceau autour de leur cheville, ce qui entraîne un mouvement circulaire de la corde et de la balle autour du sujet. Ce dernier doit sauter au-dessus de la corde avec son pied gauche lorsque celle-ci arrive à son niveau.

Variable pour complexifier la tâche :

V1 : positionner le cerceau au pied gauche

Exercice n°9 : cercle de destiné (10 min)

Nous mettons en place un exercice de Bal-A-Vis-X (Balance Auditory Visual Exercices). En annexe 17, nous présentons l'autorisation d'utiliser cette activité et en annexe 18 l'attestation de droit de l'enseigner. Les participants se placent en cercle sans se tenir la main. En position de départ les bras sont le long du corps, les coudes pliés, les avant-bras parallèles au sol, les mains ouvertes tournées vers le ciel avec dans la main droite la présence d'une balle rebondissante. Au temps 1, ils passent la balle de leur main droite à leur main gauche en traversant la ligne imaginaire de l'axe du corps. Ensuite, au temps 2, ils repositionnent leur main droite vide à l'endroit du départ. Puis, au temps 3, leur main gauche se retourne et s'ouvre, laissant tomber la balle afin qu'elle rebondisse. Ensuite, au temps 4, ils rattrapent la balle de leur voisin de droite dans leur main droite. Enfin, les enfants poursuivent en rythme ces 4 temps. Les 6 participants font les mêmes actions en même temps, ainsi les six balles circulent de participant à participant tout au long du cercle.

Variable pour complexifier la tâche :

V1 : ne plus compter oralement et se repérer au bruit des balles

V2 : accélérer le rythme en comptant oralement

V3 : accélérer le rythme sans compter oralement

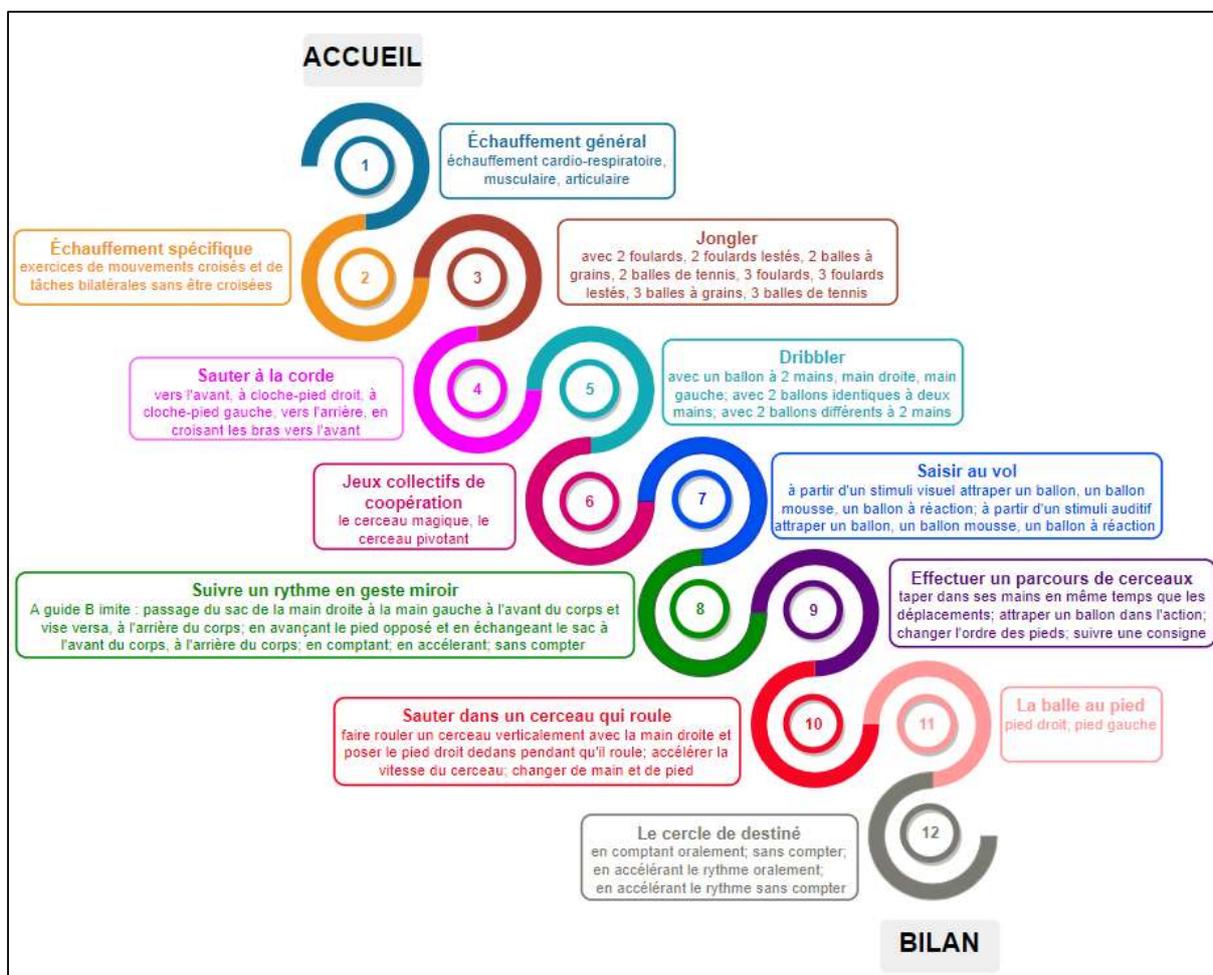
Nous prévoyons un temps de rotation entre chaque atelier. En effet, les participants bénéficient d'un temps de pause d'environ 1 minute et 30 secondes entre chaque atelier afin de s'hydrater, se restaurer et converser.

Bilan (7 min)

Pour terminer la séance, la chercheuse regroupe les participants afin d'échanger avec eux sur les exercices du jour. Nous effectuons un bilan afin de recueillir leurs ressentis sur les difficultés ou les facilités des tâches réalisées, leurs impressions de progression ou pas, et leur degré de satisfaction et de motivation. Ces informations nous permettront d'effectuer un réajustement lors de la séance suivante.

Pour conclure et afin de visionner de manière synthétique les diverses activités proposées durant les deux semaines du programme moteur, nous présentons ci-dessous une figure récapitulative des différents grands groupes d'exercices en incluant leurs variables respectives (figure 40).

Figure 40 : Figure récapitulative du programme moteur



(Production de l'auteure)

5.6 La justification du programme moteur

Afin de répondre à notre problématique qui rappelle nous est « Quelles places pour la coordination motrice dans l'évolution de la lecture chez les enfants dyslexiques en école élémentaire ? », nous proposons un programme moteur composé d'exercices conçus très précisément afin de développer la coordination motrice dans son intégralité. Pour ce faire, nous reprenons les composantes coordinatives développées dans la section 3.2 car nous ne sommes pas sans savoir qu'une coordination motrice efficiente est le résultat de la combinaison de

plusieurs composantes coordinatives, appelées également les capacités de coordination. De fait, nous sélectionnons des tâches motrices qui répondent à toutes les composantes coordinatives. Afin de s'en assurer, nous proposons ci-dessous le tableau 14 où nous croisons l'ensemble des tâches motrices avec chaque composante coordinative. La saisie des données du tableau a pour but de montrer la cohérence et la validité du programme moteur. Ainsi, nous prouvons que ce dernier travaille la coordination motrice dans son entièreté et que toutes les dispositions sont mises en place pour favoriser des modifications motrices chez les participants du groupe expérimental.

Tableau 14 : Validation de l'intégralité des composantes coordinatives dans les différents exercices expérimentaux

	ex1 les jonglages	ex2 les sauts à la corde	ex3 les dribbles	jeu du cerceau magique	jeu du cerceau pivotant	ex4 saisir au vol	ex5 le rythme	ex6 les parcours de cerceaux	ex7 rouler le cerceau	ex 8 la balle au pieds	ex 9 le cercle de destiné
capacité d'orientation	X	X	X	o	o	X	X	X	X	X	X
capacité de différenciation	X	X	X	o	X	X	X	X	X	X	X
capacité de réaction	X	o	o	o	X	X	X	o / X	X	X	o
capacité de rythme	X	X	X	o	X	o	X	o	o	X	X
capacité d'équilibre	X	X	X	X	o	X	o	X	X	X	o
capacité d'adaptation	o	o	o	o	X	X	o	X	o	o	o
capacité de contrôle-guidage	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
capacité de combinaison ou de couplage	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	o
capacité de dissociation	X	X	X	X	o	X	X	X	X	X	X
capacité de rationalisation	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
capacité de souplesse	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
capacité d'élasticité gestuelle	X	X	X	X	X	X	o	X	X	X	o

X :composante coordinative sollicitée o :composante coordinative non sollicitée

(Production de l'auteure)

Nous constatons dans ce tableau que la diversité des exercices permet de solliciter l'ensemble des composantes coordinatives. Cette atteinte complète de la coordination motrice a pour but de faire évoluer les participants dans ce domaine. Cette évolution pourrait être le résultat de modifications de structures corticales et sous-corticales tels les cortex visuel et frontal, le cervelet, le thalamus, l'hippocampe, les ganglions de la base et de systèmes de fonctionnement tels le faisceau occipito-frontal ainsi que les boucles cortico-cérébelleuse et cortico-striatale. S'il s'avérait que cette évolution était positive alors nous pourrions espérer que ces structures et ces systèmes de fonctionnement cités ci-dessus, qui sont les mêmes à être sollicités quand nous lisons (cf. 4.4), améliorerait le niveau de lecture des participants du groupe expérimental. Ainsi, nous constaterions des progrès aux tests de lecture.

5.7 Synthèse du protocole

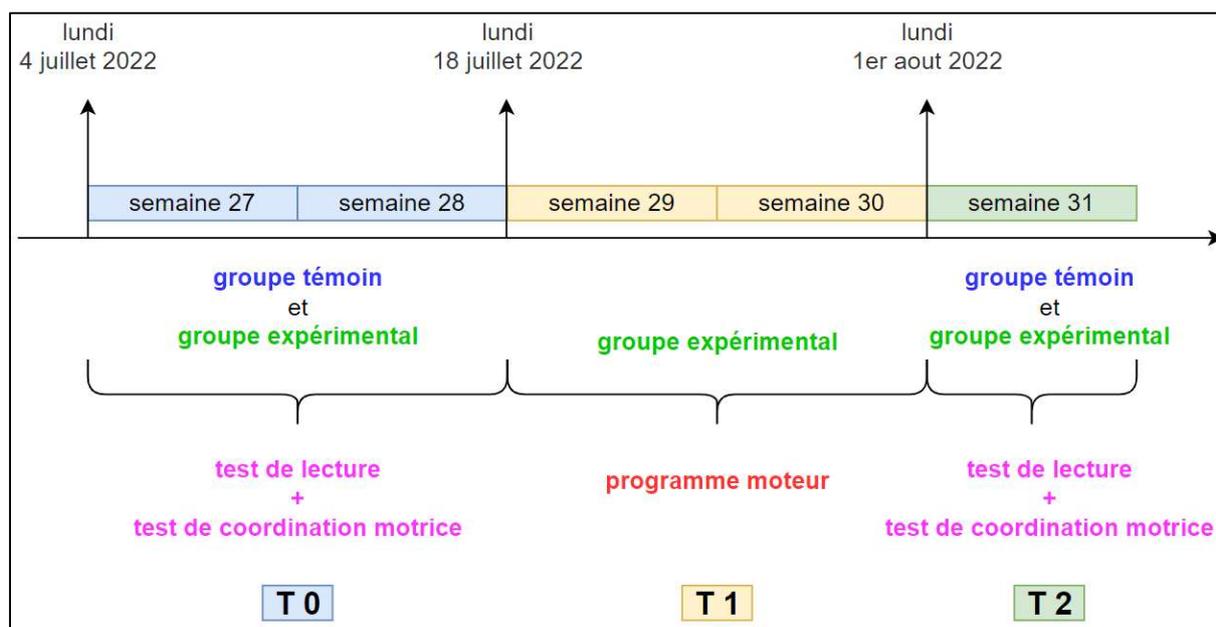
Nous proposons une synthèse de notre protocole expérimental afin de poser de manière précise et succincte les éléments essentiels qui la composent.

Notre expérimentation s'adresse à des enfants dyslexiques sortant de classe de CE2, CM1 ou CM2. Le nombre total de participants est divisé en deux : une première moitié fait partie du groupe témoin et la seconde du groupe expérimental. Un tirage au sort définit l'appartenance à tel ou tel groupe.

Le groupe témoin effectue un premier test de lecture composé de trois sous-tests (décodage : mots irréguliers, réguliers, pseudo-mots ; fluence ; compréhension) et d'un premier test de coordination motrice. Nous sommes à T0. Trois à quatre semaines plus tard, ces mêmes participants effectuent une seconde série de tests de lecture et le même test de coordination motrice. Nous nommons cette phase T2.

Le groupe expérimental réalise les mêmes premier et second tests de lecture et de coordination motrice que les participants du groupe témoin mais bénéficie en plus de deux semaines de programme moteur entre ces deux séries de tests. Celui-ci donne lieu à un entraînement en coordination motrice, il correspond à T1. Une figure chronologique est proposée ci-dessous afin de visionner l'ensemble de nos propos (figure 41).

Figure 41 : Figure récapitulative et chronologique du protocole expérimental



(Production de l'auteure)

Les résultats de notre protocole quasi-expérimental nous permettront de comparer l'évolution en lecture des deux groupes entre T0 et T2. Si les participants du groupe expérimental présentaient une progression contrairement à ceux du groupe témoin, alors nous pourrions supposer que les exercices de coordination du programme moteur pourraient être à l'origine de cette modification.

Voyons à présent les résultats de notre protocole quasi-expérimental ainsi que leurs analyses dans le chapitre suivant.

CHAPITRE 6 : DESCRIPTION ET ANALYSE DE NOS RÉSULTATS

Ce chapitre décrit et analyse les résultats obtenus à l'issue de notre protocole quasi-expérimental. Tout d'abord, nous proposons une description exhaustive des caractéristiques de notre échantillon. Ensuite, nous effectuons une description et une analyse des résultats des tests de coordination motrice puis des tests de lecture.

Pour une lecture plus facile et plus agréable, nous utilisons des abréviations dans ce chapitre : groupe témoin (GT), groupe expérimental (GExp), groupe étalon (GÉ), dyslexique phonologique (DysP) et dyslexique visuo-perceptuel (DysVP).

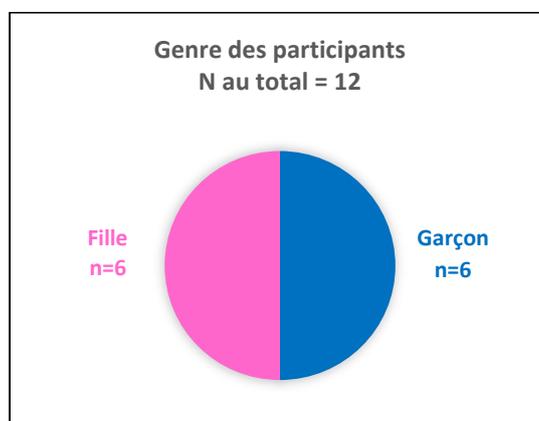
6.1 La description exhaustive des caractéristiques de notre échantillon

Dans cette section, nous décrivons différents aspects de notre échantillon. En effet, nous dévoilons le sexe des participants, leur appartenance à un groupe, leur niveau de classe, leur type de dyslexie, leur latéralité, leur parcours scolaire, leurs caractéristiques anthropométriques, leur hérédité familiale, leurs suivis paramédicaux et leurs activités sportives.

6.1.1 Le genre

Notre échantillon est composé de douze enfants dyslexiques dont six sont de sexe féminin et six de sexe masculin, comme nous pouvons l'observer dans le graphique en secteurs ci-dessous (figure 42).

Figure 42 : Répartition des participants selon leur genre

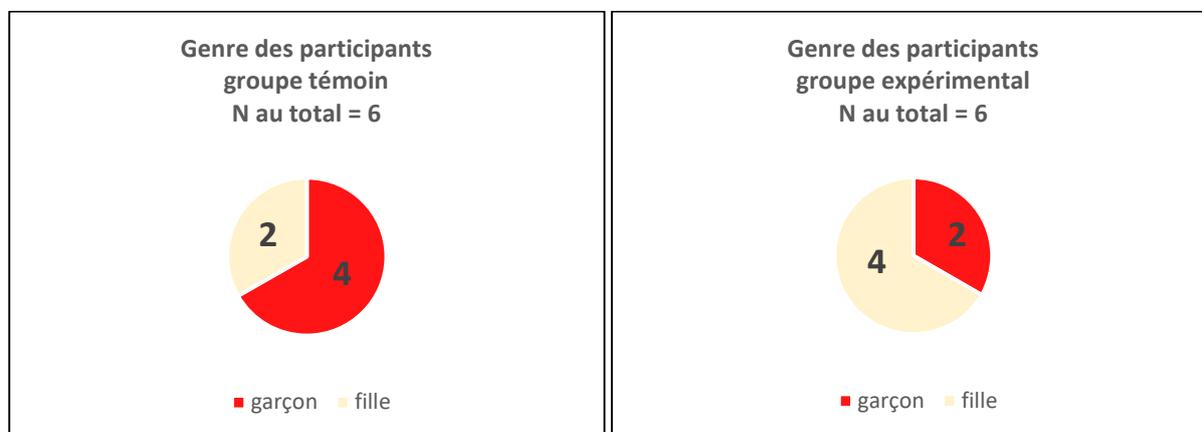


6.1.2 L'appartenance à un groupe

Notre échantillon est constitué d'un groupe témoin (GT) et d'un groupe expérimental (GExp). Il présente le même nombre de participants dans chaque groupe puisque nous disposons de six sujets dans le GT et six autres dans le GExp. Par contre, cette équilibre de six filles et de six garçons dans notre échantillon n'existe pas à l'intérieur des groupes. En effet, le GT comporte deux filles et quatre garçons alors que dans le GExp ces rapports sont inversés. Nous proposons ci-après les graphiques en secteurs afin d'observer ces données (figure 43 et figure 44).

Figure 43 : Répartition des participants du groupe témoin selon leur genre

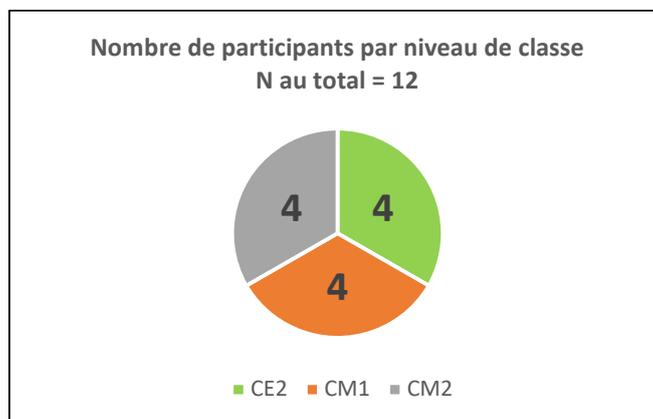
Figure 44 : Répartition des participants du groupe expérimental selon leur genre



6.1.3 Le niveau de classe

Notre échantillon est constitué d'un tiers de CE2, de CM1 et de CM2, comme nous pouvons le voir dans le graphique en secteurs ci-dessous (figure 45).

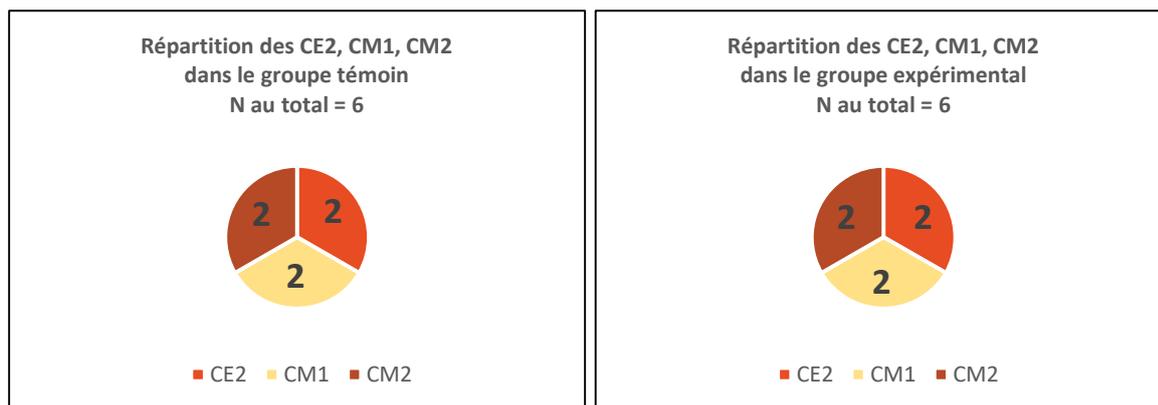
Figure 45 : Répartition des participants selon le niveau de classe



Nous remarquons que notre échantillon est homogène pour ce qui est du niveau de classe des élèves. En effet, nous disposons de 4 CE2, 4 CM1 et 4 CM2 qui sont répartis équitablement dans chaque groupe : 2 CE2, 2 CM1 et 2 CM2. Cette répartition est observable dans les graphiques en secteurs ci-dessous (figure 46 et figure 47).

Figure 46 : Répartition des participants du groupe témoin selon leur niveau de classe

Figure 47 : Répartition des participants du groupe expérimental selon leur niveau de classe



6.1.4 Les types de dyslexie

Comme nous l'avons annoncé dans le 6.1.2, la moitié de notre échantillon fait partie du groupe témoin (GT) et l'autre du groupe expérimental (GExp). Dans chaque groupe les participants présentent soit une dyslexie visuo-perceptuelle (DysVP), soit dyslexie phonologique (DysP) ou mixte. Nous présentons leur répartition dans les deux histogrammes ci-après (figure 48 et figure 49).

Figure 48 : Répartition des participants du groupe témoin selon leur type de dyslexie

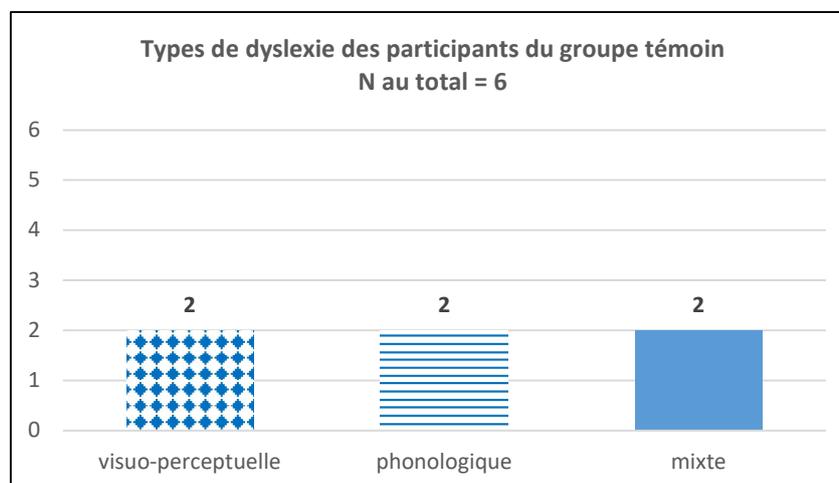
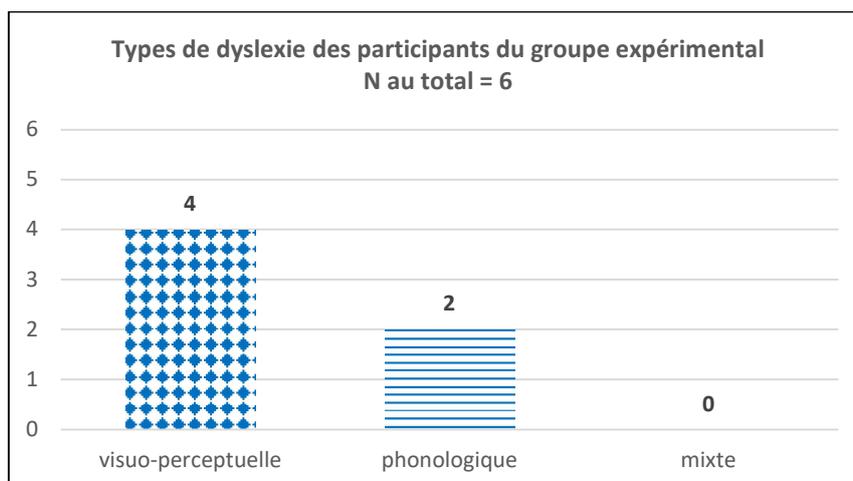


Figure 49 : Répartition des participants du groupe expérimental selon leur type de dyslexie

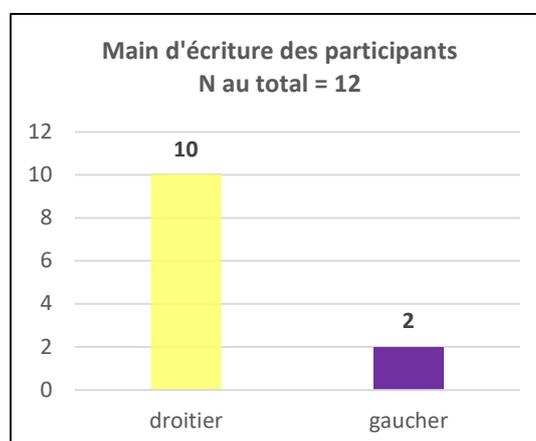


Nous observons une hétérogénéité dans la distribution aléatoire du type de dyslexie dans chaque groupe que nous considérons comme relative. Effectivement, notre GT se compose de deux DysVP, de deux DysP et de deux mixtes alors que notre GExp réunit quatre DysVP et deux DysP. Mais pour autant nous bénéficions tout de même dans chacun des groupes de sujets DysVP et de DysP ce qui nous permettra de les comparer.

6.1.5 La latéralité manuelle

Nous exposons dans l'histogramme suivant la main dominante de chaque enfant (figure 50). Nous disposons de dix participants droitiers et de deux gauchers ; il est à noter qu'une droitrière est ambidextre mais utilise à l'école uniquement sa main droite pour écrire.

Figure 50 : Répartition des participants selon leur main d'écriture

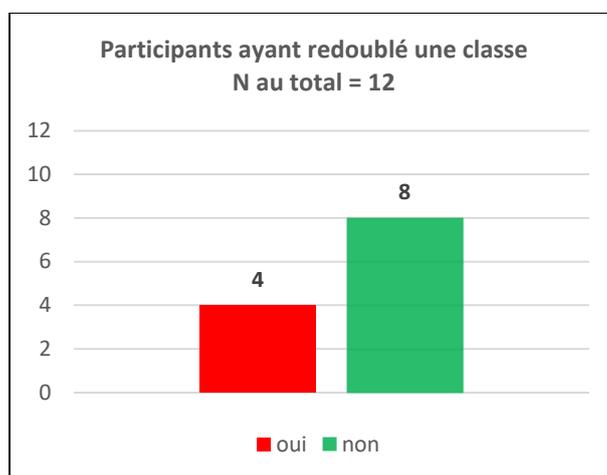


Nous remarquons en rapprochant le rapport de nos deux gauchers sur les douze participants que nous obtenons une proportion de 1 à 2 gauchers dans notre échantillon. Cette proportion est représentative du pourcentage de gauchers en France qui est estimé à 16 % (Galobardès, 2017).

6.1.6 Le parcours scolaire

Nous bénéficions de renseignements concernant le parcours scolaire de chaque enfant. Quatre participants ont redoublé une classe au début de leur scolarité en école élémentaire. Nous dévoilons cette information dans l'histogramme qui suit en figure 51. Plus précisément, deux enfants ont été maintenus lors de leur année de CP et deux autres en CE1.

Figure 51 : Répartition des participants selon le redoublement



En examinant ces données, nous remarquons que les deux redoublants de CP représentent 16,6 % de notre échantillon ce qui est un pourcentage supérieur au taux de redoublement de CP en 2021 au niveau national qui était de 2 % ; et les deux redoublants de CE1, qui représentent également 16,6 % de notre échantillon, constituent un taux supérieur à celui du niveau national de 2021 qui était de 1,7 % (Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse, 2022b). Ces pourcentages, plus élevés dans notre échantillon en comparaison à ceux nationaux, peuvent s'expliquer par le fait que notre population est constituée uniquement d'élèves à besoins particuliers qui présentent des troubles des apprentissages.

6.1.7 Les mesures anthropométriques

Tous les participants ont été pesés et mesurés à T0, de fait nous disposons de leurs mesures anthropométriques. Ainsi, nous avons recueilli la masse et la taille de chacun, d'où nous avons calculé leur indice de masse corporelle (IMC) puisque nous connaissons également leur date de naissance. En effet, l'IMC, qui tient compte de l'âge de l'enfant, est établi en réalisant l'opération suivante : la masse en kilogramme divisé par la taille au carré. Cette donnée a son importance car nous savons qu'une surcharge pondérale peut être un facteur limitant de la coordination motrice comme nous l'avons expliqué dans la section 3.5. Nous présentons les données recueillies dans le tableau ci-dessous. Afin de repérer les participants en surcharge pondérale nous fonctionons leur valeur d'IMC obtenue. Ainsi, en fond gris clair nous visualisons trois enfants en obésité de degré 1 (codés MN1, TL2 et HT2), et en fond gris foncé deux en obésité de degré 2 (codés JT1 et MD1), comme nous pouvons le constater dans le tableau 15.

Tableau 15 : Données des mesures anthropométriques

codes	taille (m)	masse (kg)	âge (année et mois)	âge (mois)	IMC (kg/m ²)	IMC médian (kg/m ²)	IMC (97 percentiles) obésité degré1 (kg/m ²)	IMC obésité degré 2 (kg/m ²)
UU3	1,47	39,8	11ans	132	18,4	16,8	20,5	25
MN1	1,60	52	10 ans et 1 mois	121	20,3	16,3	20	24
TL2	1,42	46,2	10 ans et 2 mois	122	22,9	16,5	20,2	24,5
JT1	1,39	44	9 ans	108	22,8	15,8	19,2	22,7
MW3	1,50	38	10 ans et 7 mois	127	16,9	16,5	20,4	24,9
HT2	1,44	41,8	9 ans et 8 mois	116	20,2	16,8	19,8	23,6
MD1	1,62	63,2	10 ans et 2 mois	122	24,1	16,3	20,2	22,7
LB2	1,39	29,2	10 ans et 7 mois	127	15,1	16,5	20,4	24,7
SM1	1,34	28,8	9 ans	108	16,0	16	19,4	22,7
FD3	1,42	33,8	11 ans et 1 mois	133	16,8	16,8	20,9	22,5
MCC2	1,36	28	9ans et 7 mois	115	15,1	16	19,5	23,5
MQ3	1,37	30,6	10 ans et 8 mois	128	16,3	16,5	20,4	25

À partir de ces données, nous réalisons des diagrammes en radar afin de visualiser l'homogénéité et l'hétérogénéité anthropométrique de notre échantillon. Le premier diagramme

présenté ci-dessous correspondant à l'âge des participants (figure 52) et le deuxième à leur taille (figure 53).

Figure 52 : Vue globale de l'âge des participants

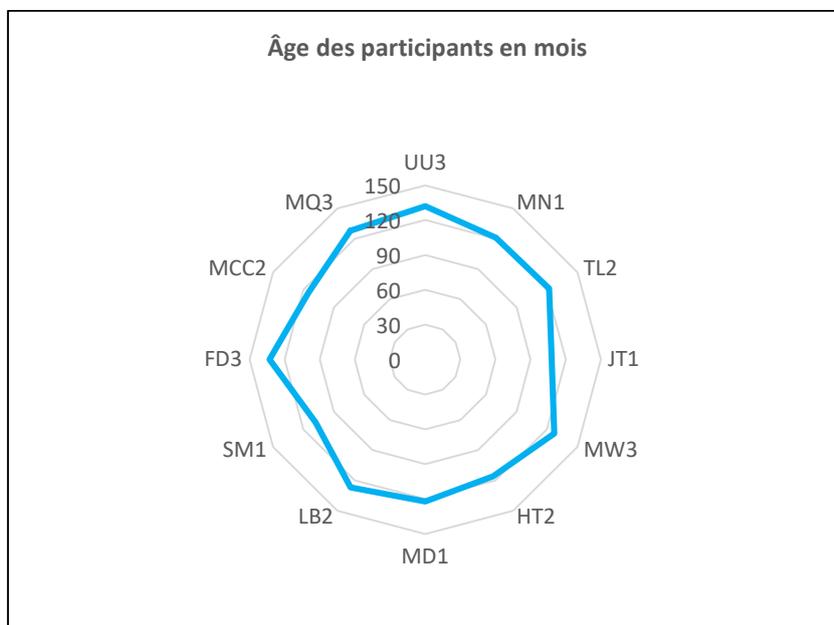
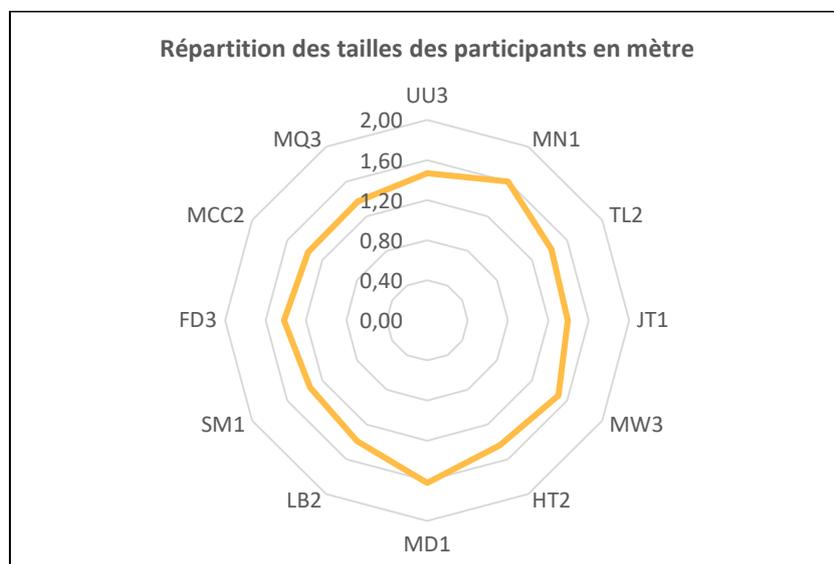
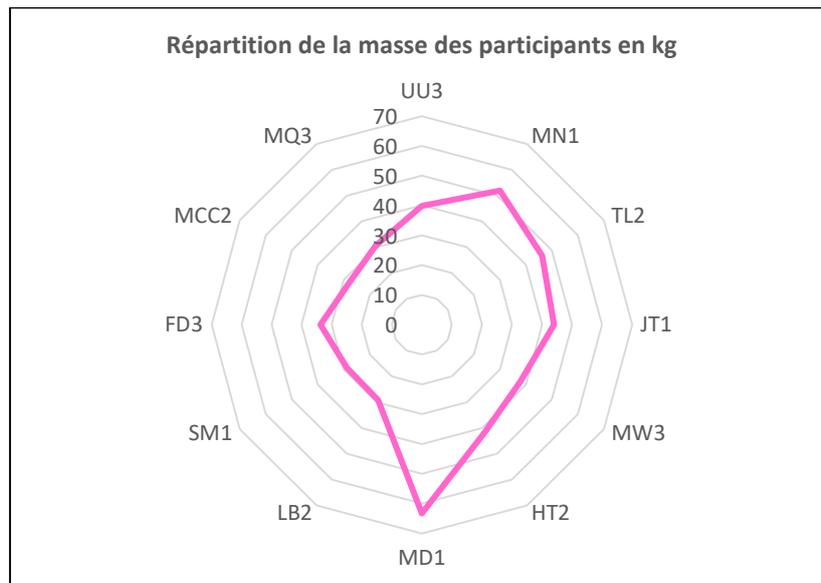


Figure 53 : Vue globale de la taille des participants



Nous constatons sur les figures 52 et 53 une harmonie, une homogénéité certaine, quant à l'âge et à la taille des participants. Voyons maintenant ce que révèle le diagramme en radar ci-après concernant la masse (le poids) des participants (figure 54).

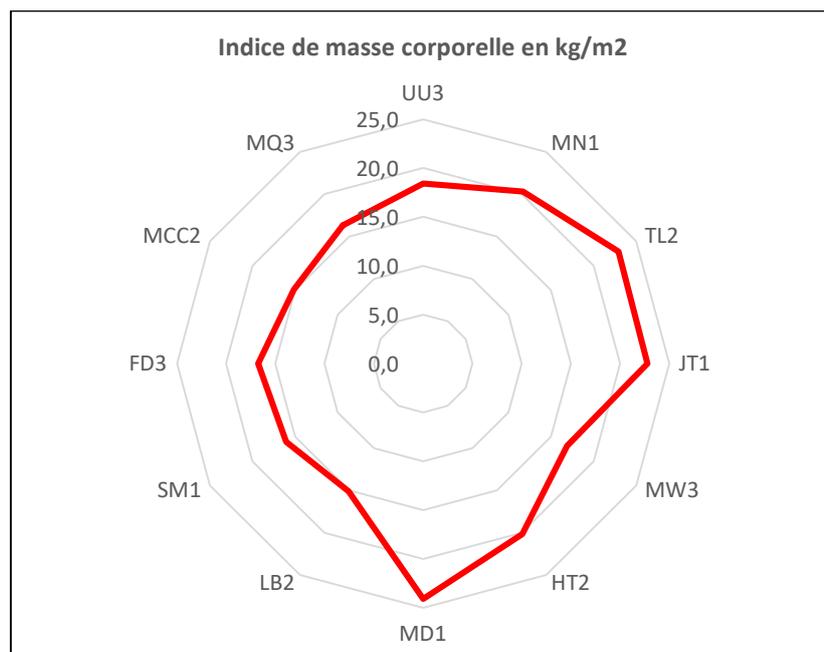
Figure 54 : Vue globale de la masse (poids) des participants



Nous observons une hétérogénéité concernant leur masse. En effet, le sujet le plus léger pèse 28 kg et le plus lourd 63,2 kg. Ainsi, cet écart de 35,2 kg nous montre une différence importante de masse entre les acteurs de notre protocole.

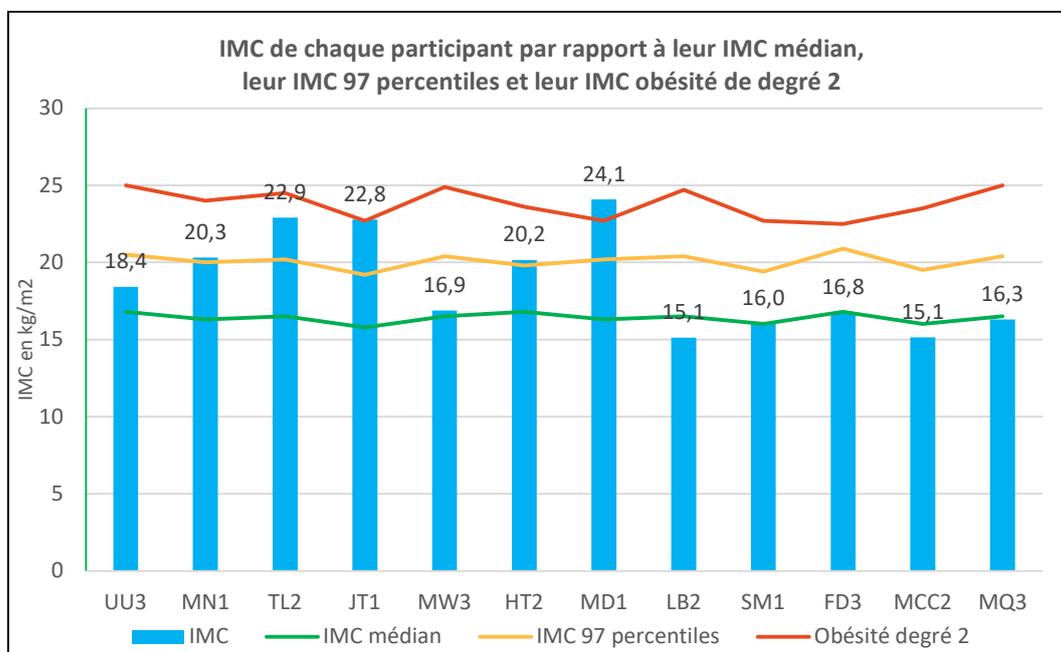
Enfin, nous découvrons le diagramme en radar de l'indice de masse corporelle des participants (figure 55).

Figure 55 : Vue globale de l'indice de la masse corporelle des participants (IMC)



Nous remarquons une hétérogénéité à propos de l'IMC des participants. Cette hétérogénéité nous amène à exposer les résultats sous forme d'un histogramme afin de voir plus précisément les extrêmes et de mieux comparer les sujets (figure 56).

Figure 56 : Présentation des IMC des participants

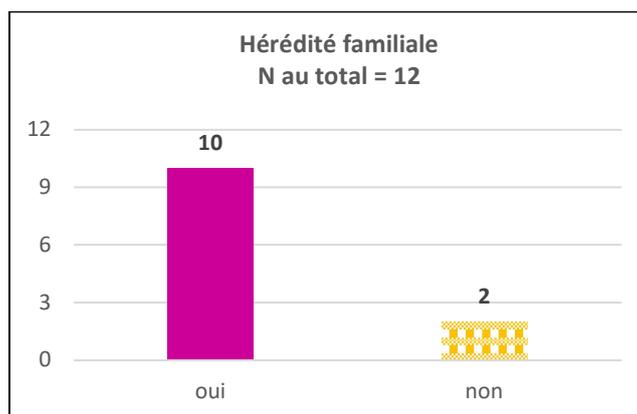


Nous constatons que trois participants (MN1, TL2 et HT2) dépassent leur IMC à 97 percentiles : ils sont dits en légère obésité de degré 1 ou en surpoids, et deux autres (JT1 et MD1) sont en situation d'obésité de degré 2. Néanmoins, aucun sujet ne présente d'insuffisance pondérale ou de maigreur.

6.1.8 L'hérédité familiale en lien avec la dyslexie

Nous disposons d'informations concernant l'hérédité familiale de chaque enfant en rapport avec le trouble de la dyslexie. Nous observons dans l'histogramme ci-dessous (figure 57) que dix participants sur les douze ont dans leur famille proche une personne également dyslexique. Nous retrouvons des liens de parenté de degrés différents : un frère, un demi-frère, un cousin, au moins un des parents, un oncle et une grand-mère. Pour cette dernière, même si le mot dyslexie n'était pas évoqué en ce terme lors de sa scolarité, elle présentait des traits dyslexiques qu'elle a toujours conservé.

Figure 57 : Répartition des participants selon une hérédité familiale

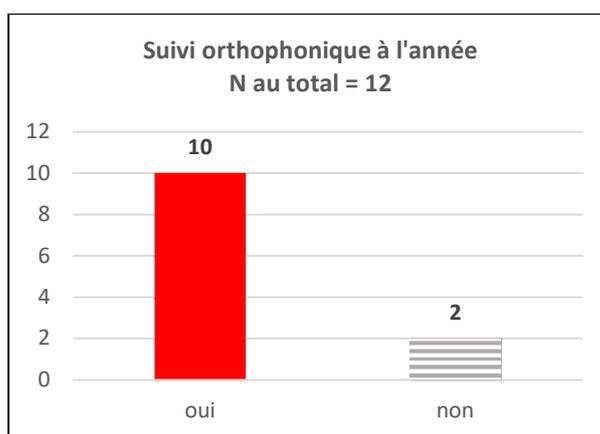


Nous soulignons que dix individus sur les douze de notre échantillon ont une personne dyslexique dans leur famille. Cette proportion représente 83,3% de notre échantillon.

6.1.9 Les suivis paramédicaux

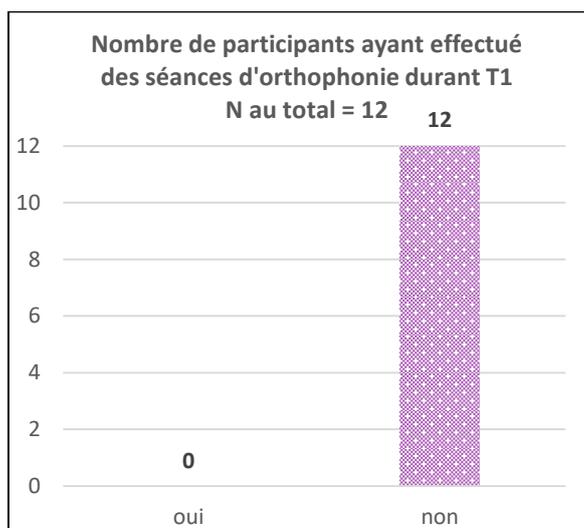
Tout d'abord, nous présentons le suivi orthophonique de chaque participant. Dix d'entre eux réalisent régulièrement des séances d'orthophonie à l'année, alors que deux ne bénéficient plus de suivi. Nous pouvons le constater dans l'histogramme ci-dessous (figure 58).

Figure 58 : Répartition des participants selon un suivi orthophonique à l'année



Pour autant, sur les dix participants qui suivent des séances d'orthophonie à l'année, aucun d'entre eux n'a effectué de rééducation orthophonique durant T1. Il y a eu une pause des séances durant l'été. Nous observons cette information dans l'histogramme ci-après (figure 59).

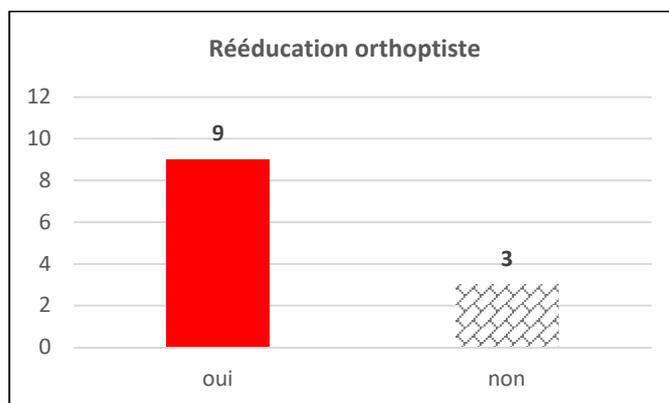
Figure 59 : Répartition des participants selon le suivi des séances d'orthophonie durant T1



Ainsi, en examinant le suivi orthophonique des participants, nous apprenons que dix enfants sur les douze bénéficient d'un accompagnement orthophonique à l'année alors que les deux restants ne consultent plus d'orthophoniste. De plus, nous avons connaissance que ces dix participants n'ont bénéficié d'aucune séance d'orthophonie pendant la période du protocole expérimental. De fait, sans rééducation orthophonique durant T1, nous pouvons conclure que l'évolution en lecture des participants à T2 ne peut en aucun cas trouver son origine dans le suivi orthophonique des sujets dyslexiques. Ainsi, ce dernier ne constitue pas un biais à notre expérimentation.

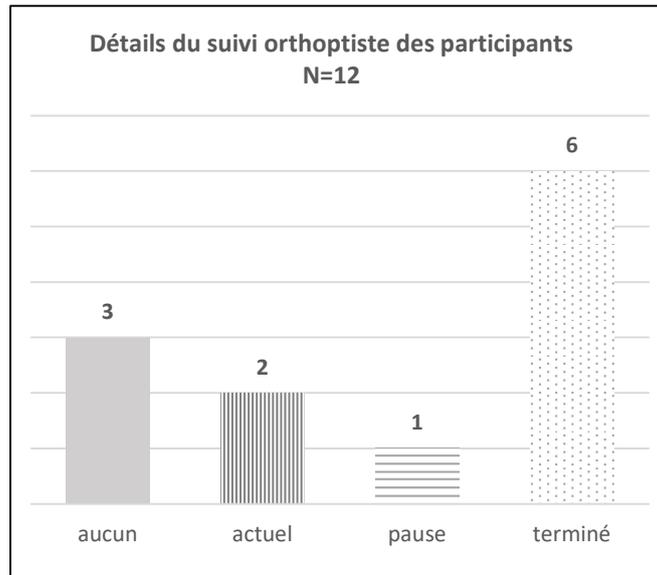
À présent, nous présentons le suivi orthoptiste des sujets de notre échantillon. Neuf enfants ont déjà réalisé des séances de rééducation oculaire alors que trois n'y ont jamais eu recours comme nous pouvons l'observer dans l'histogramme ci-dessous (figure 60).

Figure 60 : Répartition des participants selon un suivi orthoptiste



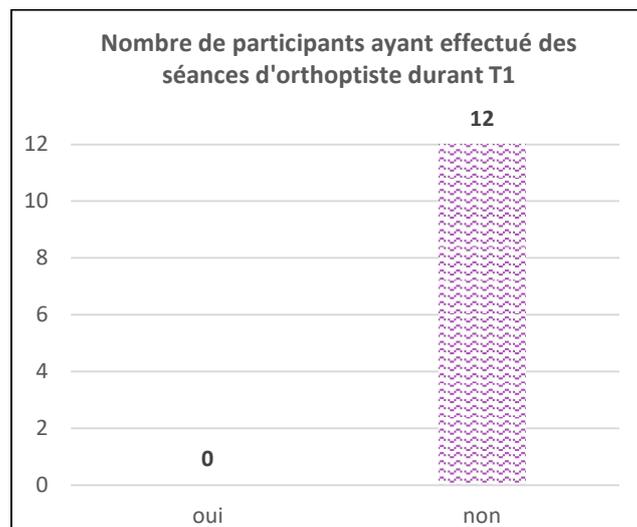
Sur les neuf enfants qui ont effectué cette rééducation, deux bénéficient d'un suivi actuel et régulier, pour un autre il y a une pause de quelques mois avant la reprise de nouvelles séances et pour les six restants la rééducation est entièrement terminée. Nous pouvons observer ces données dans l'histogramme ci-après (figure 61).

Figure 61 : Répartition des participants selon l'avancée de leur suivi orthoptiste



Nous précisons que pour les trois participants qui réalisent toujours un suivi orthoptiste, ils n'ont pas effectué de séance durant T1. Ainsi, comme nous pouvons le voir ci-dessous en figure 62, aucun des participants n'a accompli de rééducation orthoptiste durant T1.

Figure 62 : Répartition des participants selon le suivi des séances d'orthoptie durant T1

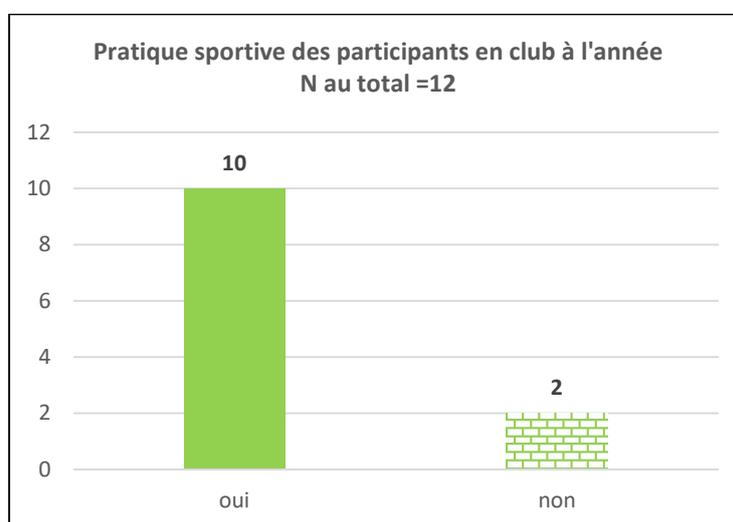


Ainsi, en examinant le suivi orthoptiste des participants de notre échantillon nous apprenons que sur les neuf enfants ayant déjà eu recours à cette rééducation oculaire, trois participent encore à des séances d'orthoptiste. Pour autant, nous savons que ces trois sujets dyslexiques ne profitent d'aucune séance d'orthoptie pendant la période du protocole expérimental. Par voie de conséquence, aucun enfant n'a suivi de rééducation des troubles de la vision durant T1. De fait, nous pouvons affirmer que l'évolution en lecture des participants à T2 ne peut en aucun cas provenir du suivi orthoptiste des sujets dyslexiques. Ainsi, celui-ci ne constitue pas un biais à notre expérimentation.

6.1.10 Les activités sportives

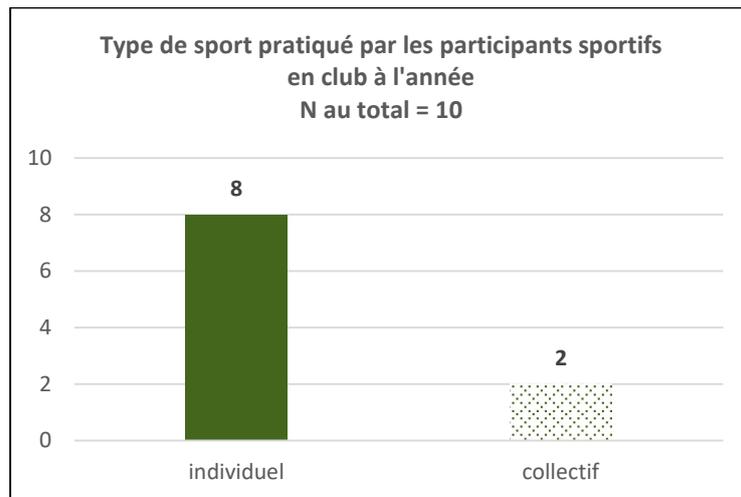
Nous disposons de renseignements concernant l'activité sportive réalisée en club à l'année pour chaque individu. Ainsi, nous attestons que dix participants sur les douze pratiquent au moins un sport en club à l'année alors que deux n'en exercent aucun. Notre cohorte est donc plutôt sportive puisque dix enfants sur douze font au minimum un sport au moins une fois par semaine en club à l'année. Pour ces dix jeunes, leur pratique est considéré comme régulière. Nous présentons ces données dans l'histogramme qui suit (figure 63).

Figure 63 : Répartition des participants selon la pratique d'un sport en club à l'année



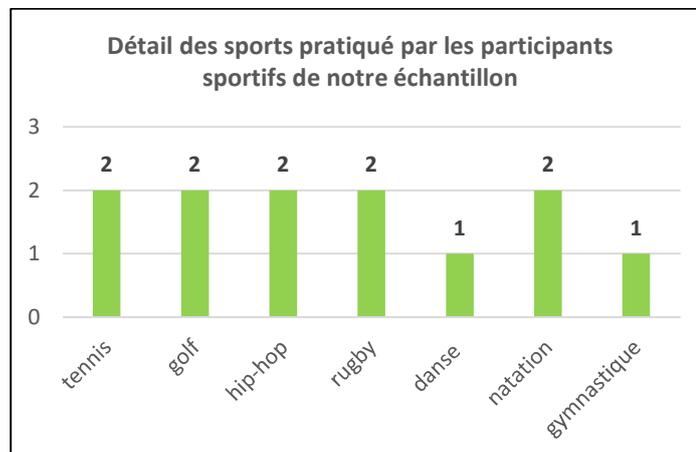
Pour plus de précision, nous demandons aux dix enfants les sports qu'ils pratiquent. Huit effectuent un sport individuel et deux un sport collectif comme nous le constatons dans l'histogramme suivant (figure 64).

Figure 64 : Répartition des participants sportifs selon leur type de sport pratiqué



Les sports individuels pratiqués sont le tennis, le golf, le hip-hop, la danse, la natation et la gymnastique, et le sport collectif est le rugby. Nous détaillons dans l'histogramme ci-dessous le nombre d'enfants qui les pratique (figure 65).

Figure 65 : Répartition des sports pratiqués par les participants sportifs



Sur ces sept sports pratiqués, cinq sont des sports dits à habileté fermée, c'est-à-dire qu'ils se réalisent dans un environnement stable et prévisible. Nous classons ces activités sportives selon un continuum de la plus fermée à la moins fermée : danse individuelle, hip-hop, gymnastique, natation, golf. Ces sports permettent un développement de la coordination motrice et notamment de la technicité des gestes moteurs attendus qui sont particuliers à chaque sport. Par opposition, deux sports sont dits à habileté ouverte, c'est-à-dire qu'ils se pratiquent dans un environnement instable, imprévisible, non prédictif. Le premier est le tennis qui est un

sport duel et le second est le rugby qui est un sport collectif. Ces deux activités sportives développent la coordination motrice de manière plus générale et plus complète puisqu'elle sollicite à la fois une technicité gestuelle et son adaptation dans un environnement incertain. Ainsi, nous pouvons penser que le niveau de départ des participants en coordination motrice à T0 devrait être hétérogène puisque dans notre échantillon certains enfants ne font pas de sport, alors que d'autres pratiquent un sport à habileté fermée ou ouverte.

Par ailleurs, nous notons qu'aucun des jeunes sportifs n'a pratiqué de sport en club pendant T1 ; les associations sportives étant fermées durant les vacances scolaires. Nous nous sommes également assurés en posant la question aux enfants et à leurs parents. Pour autant, une jeune (codée MW3) nous indique qu'elle a participé à un stage de danse et à des activités de cirque durant les deux semaines de T1 au centre de loisirs de la ville. De fait, elle participait le matin à notre programme moteur, puis l'après-midi de la première semaine, elle pratiquait la danse, et la seconde semaine divers ateliers de cirque. Par conséquent, à l'exception de cette enfant, nous pouvons affirmer que l'évolution des résultats au test de coordination motrice entre T0 et T2 ne peut en aucun cas provenir d'une pratique sportive extérieure à notre protocole. Ainsi, le sport en club ne constitue pas un biais à notre expérimentation, mais le sport réalisé au sein du centre aéré peut occasionner un biais pour notre participante codée MW3.

Dans cette section, nous avons indiqué de manière exhaustive les caractéristiques de notre échantillon. Dans la section suivante, nous allons décrire et analyser les résultats des tests de coordination motrice et de lecture.

6.2 La description et l'analyse des résultats

Dans cette nouvelle section, tout d'abord nous décrivons et analysons les résultats des tests de coordination motrice, puis nous faisons de même pour les tests de lecture (décodage, fluence et compréhension). Nous proposons en annexe 20 quelques exemplaires de résultats de participants afin de visualiser la manière dont les fiches de recueil de données ont été remplies par la chercheuse.

6.2.1 La description et l'analyse des tests de coordination motrice

Dans cette rubrique nous décrivons puis analysons en premier lieu le niveau de départ en coordination motrice de chaque participant de notre échantillon, en deuxième lieu le niveau initial des groupes témoin et expérimental à des fins de comparaison, et en troisième lieu l'évolution en coordination motrice des deux groupes entre T0 et T2.

• État des lieux à T0

Comme nous l'avons précisé dans la rubrique 6.1.10, nous nous attendons à avoir des niveaux de coordination motrice différents à T0 chez les participants. En effet, comme nous l'avons expliqué précédemment certains enfants ne pratiquent pas de sport en club à l'année, alors que d'autres en exercent avec une distinction entre ceux qui réalisent un sport dit à habileté ouverte ou fermée. Ainsi, nous cherchons en premier lieu à montrer si cette hétérogénéité du niveau de départ en coordination motrice est existante.

Pour ce faire, tout d'abord nous affichons dans le tableau 16 les résultats de chaque participant à T0 pour chaque exercice du test de coordination. Nous rappelons que les six exercices demandés sont de la jonglerie, du saut de corde, du dribble main droite et main gauche, de la saisie de ballon au vol et de la pose d'un pied dans un cerceau qui roule.

Tableau 16 : Résultats à T0 des six exercices du test de coordination

Groupes	Codes	Score des jongles à T0	Score des sauts de corde à T0	Score des dribbles main droite à T0	Score des dribbles main gauche à T0	Score des saisies de ballon au vol à T0	Score de la pose d'un pied dans le cerceau à T0
Témoin	UU3	6	2	11	20	3	3
	TL2	1	2	10	7	1	2
	JT1	17	5	65	38	2	5
	HT2	19	12	62	84	6	33
	SM1	4	1	27	33	2	7
	MQ3	8	12	27	9	1	5
Expérimental	MN1	4	4	18	24	2	8
	MW3	66	43	93	74	2	6
	MD1	15	2	21	20	1	1
	LB2	16	20	101	54	5	16
	FD3	17	9	60	17	1	13
	MCC2	33	30	109	48	1	7

Ensuite, afin de visualiser les résultats du tableau 16, nous réalisons les diagrammes suivants (figures 66 à 71). Pour chaque diagramme les résultats sont volontairement présentés par ordre décroissant afin de constater visuellement l'écart des résultats entre le participant le plus performant et le moins performant. Nous précisons que l'ordre de présentation des diagrammes conserve celui des exercices présentés dans notre tableau ci-dessus.

Figure 66 : Présentation des scores à T0 en jongles

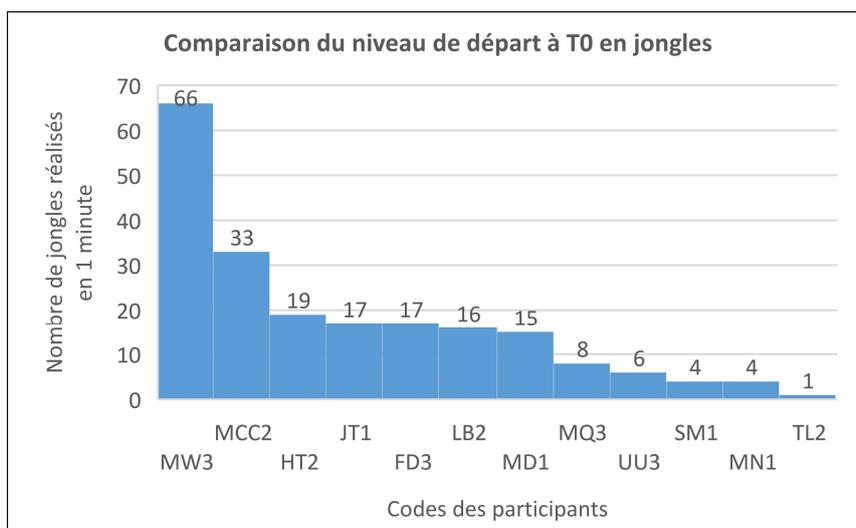


Figure 67 : Présentation des scores à T0 en sauts de corde

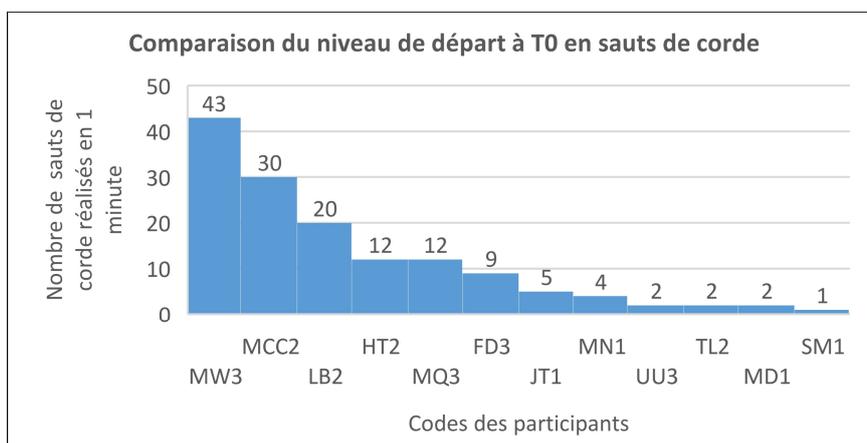


Figure 68 : Présentation des scores à T0 en dribbles main droite

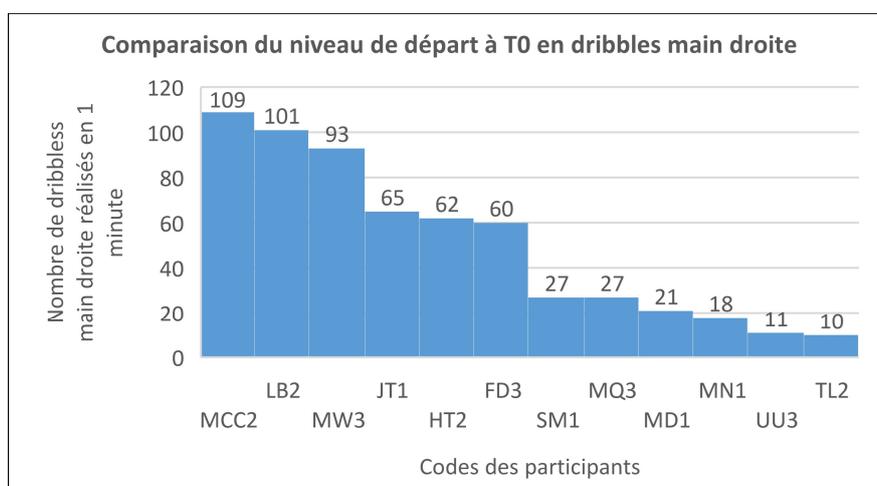


Figure 69 : Présentation des scores à T0 en dribbles main gauche

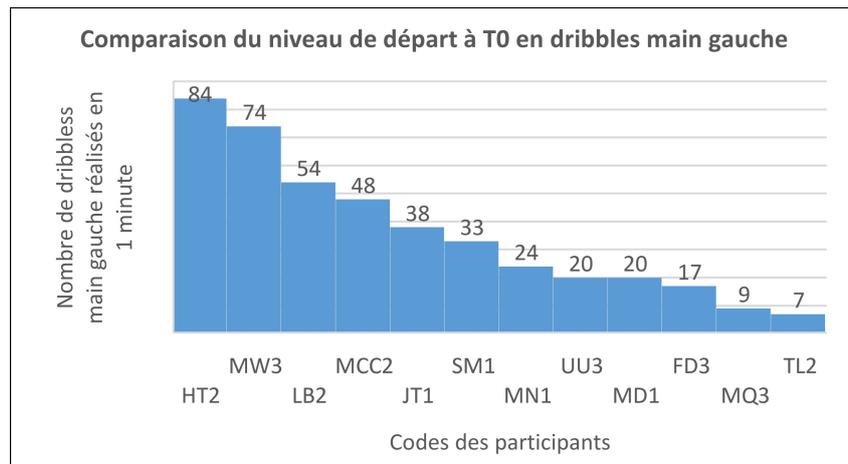


Figure 70 : Présentation des scores à T0 en saisies de ballon au vol

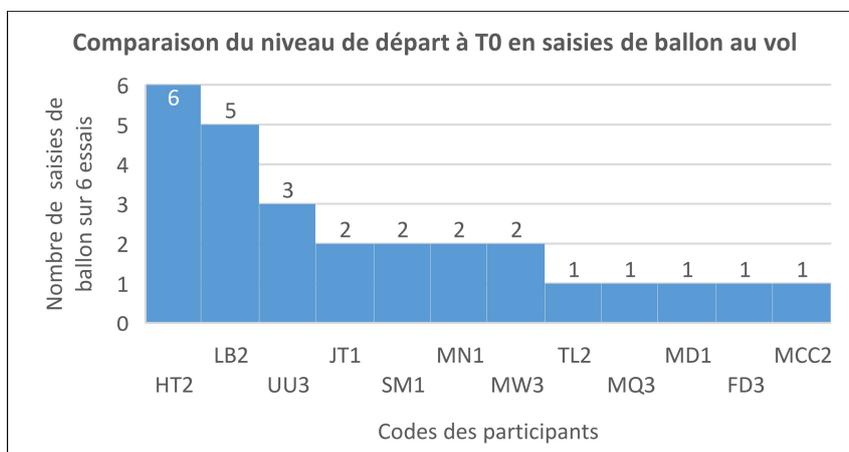
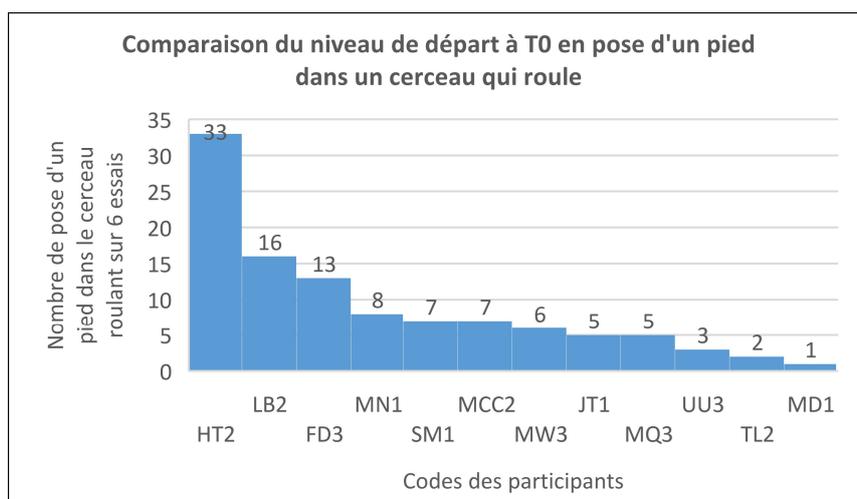


Figure 71 : Présentation des scores à T0 en pose d'un pied dans un cerceau qui roule



En analysant ces six diagrammes ci-dessus, nous observons que les niveaux de départ à T0 sont très différents d'un participant à un autre montrant un écart prononcé entre les extrêmes, et ce pour chacun des six exercices. Cela nous confirme que notre échantillon présente une hétérogénéité quant au niveau initial en coordination motrice des enfants qui le compose.

Après avoir décrit et analysé le niveau de départ de tous les participants en coordination motrice, nous allons en second lieu comparer le niveau initial des groupes témoin et expérimental afin de savoir si ces derniers sont équivalents ou pas.

• Comparaison des groupes témoin et expérimental à T0

Afin de comparer le niveau initial des deux groupes en coordination motrice, nous calculons la moyenne, la médiane et l'écart type pour chaque groupe par exercice à T0. Nous exposons les données obtenues dans le tableau 17.

Tableau 17 : Détails des moyennes, médianes, écarts-types et extrêmes des résultats des groupes témoin et expérimental à T0 pour les six exercices du test de coordination motrice

Groupes	Codes	Jongles					Sauts de corde					Dribbles main					Dribbles main					Saisies au vol					Cerceau qui roule										
		Résultats	Moyenne	Médiane	Ecart type	Minimum	Maximum	Résultats	Moyenne	Médiane	Ecart type	Minimum	Maximum	Résultats	Moyenne	Médiane	Ecart type	Minimum	Maximum	Résultats	Moyenne	Médiane	Ecart type	Minimum	Maximum	Résultats	Moyenne	Médiane	Ecart type	Minimum	Maximum						
témoin	UU3	6					2						11						20						3						3						
	TL2	1					2						10						7						1						2						
	JT1	17	9,2	7	6,6	1	19	5	5,7	3,5	4,6	1	12	65	33,7	27	22,2	10	65	38	31,8	26,5	25,9	7	84	2	2,5	2	1,7	1	6	5	9,2	5	10,8	2	33
	HT2	19					12						62						84						6						33						
	SM1	4					1						27						33						2						7						
	MQ3	8					12						27						9						1						5						
expérimental	MN1	4					4					18						24						2						8							
	MW3	66					43					93						74						2						6							
	MD1	15	25,2	16,5	20,1	4	66	2	18,0	14,5	14,8	2	43	21	67,0	76,5	36,9	18	109	20	39,5	36	20,8	17	74	1	2,0	1,5	1,4	1	5	1	8,5	7,5	4,9	1	16
	LB2	16					20					101						54						5						16							
	FD3	17					9					60						17						1						13							
	MCC2	33					30					109						48						1						7							

Puis, à partir des données du tableau ci-dessus, nous choisissons une représentation graphique de type boîte à moustaches afin de visualiser les moyennes (représentées par la croix), les médianes (représentées par le trait horizontal) et les écarts types de chaque groupe et pour chaque exercice dans le but de comparer visuellement le niveau initial du GT et du GExp (figures 72 à 77).

Figure 72 : Comparaison à T0 jongles des groupes témoin et expérimental

Figure 73 : Comparaison à T0 des sauts de corde des groupes témoin et expérimental

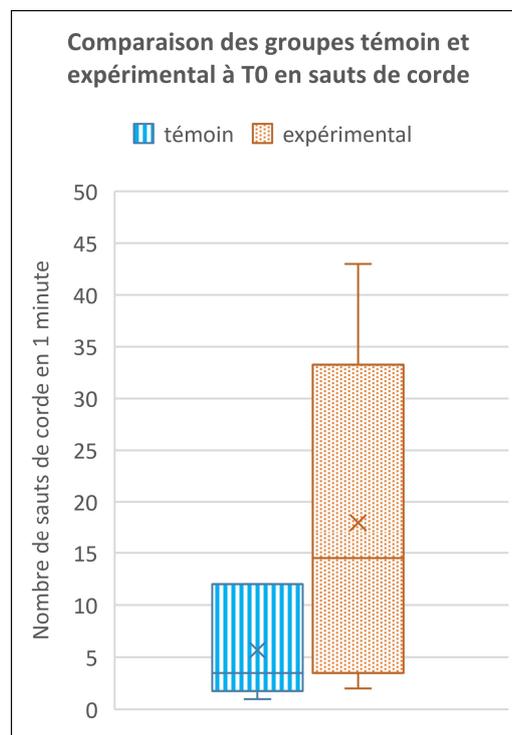
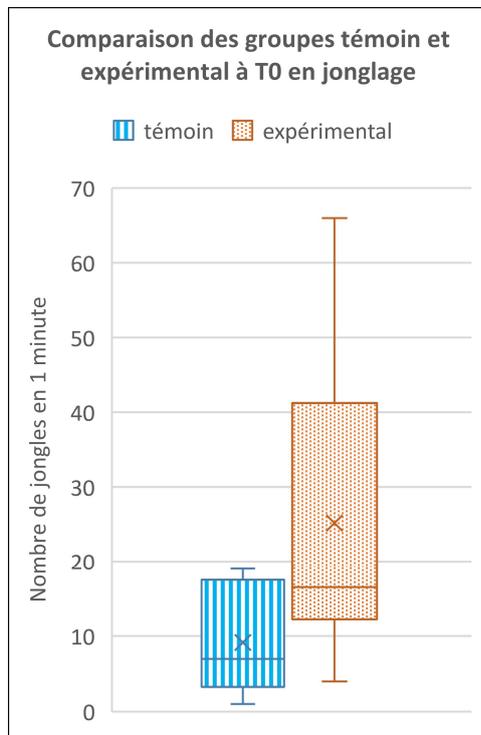


Figure 74 : Comparaison à T0 des dribbles main droite des groupes témoin et expérimental

Figure 75 : Comparaison à T0 des dribbles main gauche des groupes témoin et expérimental

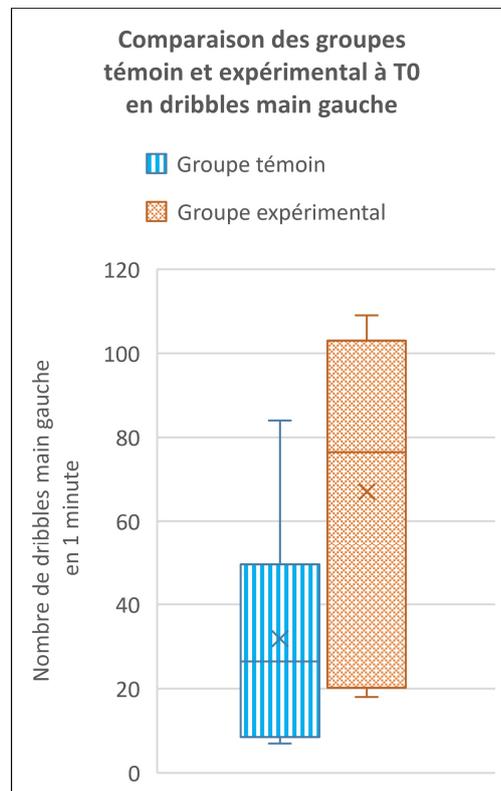
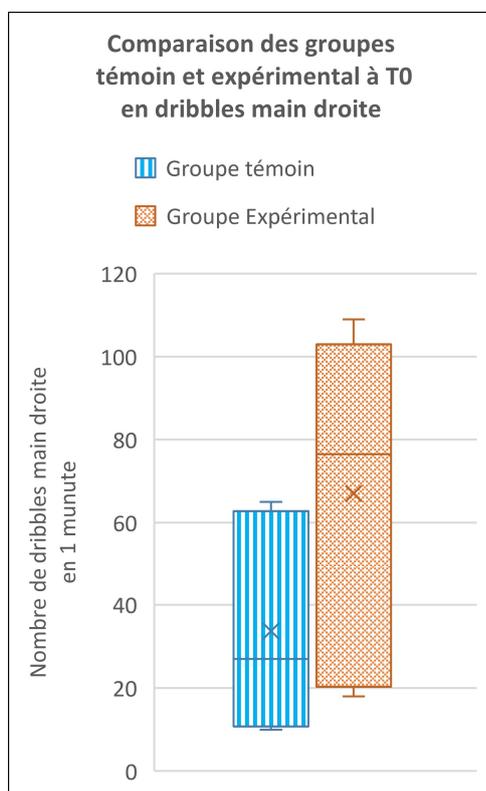
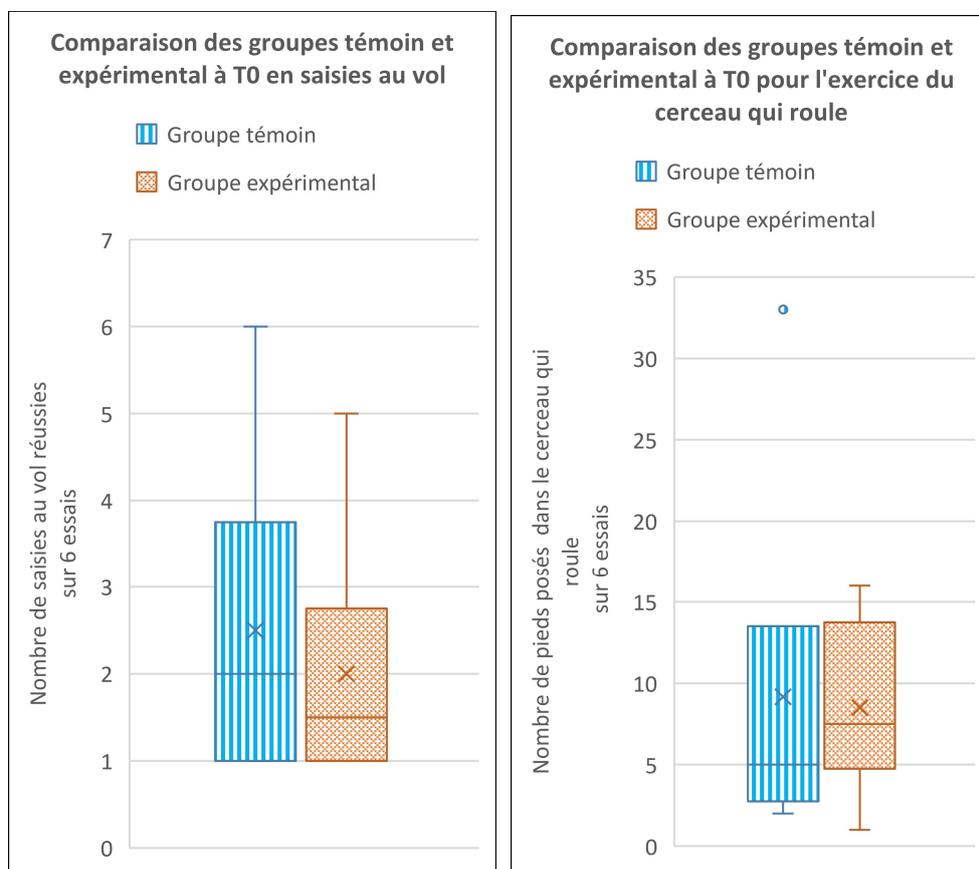


Figure 76 : Comparaison à T0 des saisies de ballon au vol des groupes témoin et expérimental

Figure 77 : Comparaison à T0 de la pose de pieds dans le cerceau des groupes témoin et expérimental



En analysant les six représentations graphiques ci-dessus, nous constatons que pour les quatre premiers exercices (jongles, sauts de corde, dribbles main droite et gauche) le GExp possède un meilleur niveau de départ que le GT. En effet, les moyennes du GExp sont nettement plus élevées que celles du GT (jongles : 25,2 contre 9,2 ; sauts de corde : 18 contre 5,7 ; dribbles main droite : 67 contre 33,7 ; dribbles main gauche : 39,5 contre 31,8). Pour autant, nous notons que les écarts-types du GExp sont plus importants que ceux du GT, ce qui montre que les données du GExp sont plus dispersées autour de la moyenne. Ceci signifie une plus grande hétérogénéité du GExp par rapport au GT. Nous soulignons que ces quatre exercices sont des activités de coordination motrice réalisées sur place, de manière statique, avec un minimum de déplacement physique. Ils mobilisent une coordination plus fine que les deux exercices suivants, puisque ces derniers sollicitent de la coordination en même temps qu'une course.

Concernant l'analyse des deux derniers exercices (saisie d'un ballon au vol, pose d'un pied dans un cerceau qui roule), nous observons que le GExp possède un niveau de départ très proche de celui du GT, il est très légèrement en deçà de celui du GT. Effectivement, les moyennes du GExp sont légèrement inférieures à celles du GT (saisie de ballon au vol : 2,5 contre 2 ; pose du pied dans le cerceau roulant : 9,2 contre 8,5). Par contre, les écarts-types du GExp sont plus faibles que ceux du GT, ce qui montre que les valeurs du GExp sont plus regroupées autour de la moyenne. Ceci signifie que le GExp est plus homogène que le GT pour ces deux derniers exercices. Nous soulignons que ces deux activités de coordination motrice demandent un déplacement physique puisqu'elles sollicitent une course. De fait, elles requièrent de la coordination associée à un effort physique de déplacement. Ainsi, elles mobilisent une coordination plus générale que les quatre premiers exercices.

En conclusion, nous pouvons affirmer que les groupes témoin et expérimental ne sont pas équivalents en coordination motrice à T0, c'est-à-dire au commencement de notre protocole. Effectivement, le GExp est plus performant que le GT pour les exercices qui sollicitent de la coordination plus fine, et il l'est très légèrement moins pour ceux qui mobilisent une coordination plus générale. Nos deux groupes n'ont donc pas le même niveau de départ en coordination motrice.

Maintenant que nous avons comparé le niveau initial des groupes témoin et expérimental, en troisième lieu nous allons analyser si le GExp, qui a suivi le programme moteur, a progressé en coordination motrice en comparant ses résultats à ceux du GT.

- **Évolutions entre T0 et T2**

Pour rappel, le test de coordination motrice est constitué de six exercices qui donnent lieu à une évaluation objective où les participants réalisent un score, et une appréciation subjective évaluée par la chercheuse suite au visionnage des vidéos effectuées (appréciation de la précision du mouvement, la fluidité et la souplesse). Ce sont les mêmes exercices qui sont réalisés à T0 et à T2, ce qui va nous permettre de comparer les résultats de chacun, mais aussi de ceux du GT par rapport à ceux du GExp.

Tout d'abord, intéressons-nous aux résultats objectifs en T0 et T2 des six exercices proposés qui constituent le test de coordination motrice. Afin de pouvoir effectuer une

comparaison des résultats entre ces deux temps, nous décidons de calculer « le taux de progression » de chaque participant de T2 par rapport à T0 pour chaque exercice, puis de regrouper ces résultats par groupe. Nous définissons ce « taux de progression » comme un pourcentage représentant une variation relative d'une valeur d'arrivée par rapport à une valeur de départ. Dans notre cas, cela se caractérise par l'évolution du niveau de coordination motrice à T2 par rapport à T0. Le pourcentage d'évolution obtenu, que l'on nommera dorénavant « taux de progression », peut être positif si la valeur d'arrivée est supérieure à la valeur de départ, ou négatif dans le cas contraire. Nous utiliserons la formule suivante :

$$\text{Taux de progression (en \%)} = \frac{\text{valeur d'arrivée} - \text{valeur de départ}}{\text{valeur de départ}} * 100$$

Si nous prenons l'exemple des jongles (cf. tableau 18), nous obtenons pour le participant UU3 :

$$\text{Taux de progression} = \frac{10-6}{6} * 100 = 66,67 \%$$

Ce taux de progression est positif (+66,67%), ce qui signifie une évolution positive entre T0 et T2.

Pour le participant JT1, nous obtenons :

$$\text{Taux de progression} = \frac{10 - 17}{17} * 100 = -41,18 \%$$

Ce taux de progression est négatif (-41,18 %), ce qui signifie une évolution négative entre T0 et T2.

Ces calculs de taux de progression nous permettent ensuite de calculer la moyenne de taux de progression de chaque groupe pour chaque exercice. Ainsi, nous sommes en mesure de comparer les moyennes du taux de progression objective du GExp par rapport au GT en coordination motrice.

Puis, nous effectuons le même travail en utilisant les résultats subjectifs de chaque participant pour chaque exercice. Nous rappelons que la partie subjective du test de coordination motrice rassemble l'évaluation de la précision (P), de la fluidité (F) et de la souplesse (S) du geste que nous notons PFS. De fait, nous obtenons la possibilité de comparer la moyenne du taux de progression subjective du GExp par rapport au GT. Cette comparaison ajoutée à celle objective, nous permet d'obtenir une comparaison totale de la coordination

motrice de chaque participant et de chaque groupe entre T0 et T2. Nous dévoilons dans les tableaux de synthèse suivants les résultats obtenus pour chaque exercice (tableaux 18 à 23).

Tableau 18 : Résultats objectifs et subjectifs à T0 et à T2 en jongles

Exercice	Groupes	Codes	Notation objective en T0	Notation objective en T2	Appréciation subjective PFS en T0	Appréciation subjective PFS en T2	Taux de progression des notations objectives T2/T0 (%)	Moyenne de taux de progression des notations objectives de T2/T0 (%)	Moyenne des appréciations subjectives PFS à T0	Moyenne des appréciations subjectives PFS à T2	Taux de progression des moyennes appréciations subjectives PFS T2/T0 (%)
JONGLES	témoin	UU3	6	10	0	0	66,67	0,96	0,50	0,33	-33,33
		TL2	1	1	0	0	0,00				
		JT1	17	10	1	0	-41,18				
		HT2	19	20	2	2	5,26				
		SM1	4	4	0	0	0,00				
		MQ3	8	6	0	0	-25,00				
	expérimental	MN1	4	12	0	1	200,00	134,13	1,50	2,67	77,78
		MW3	66	65	3	3	-1,52				
		MD1	15	50	1	3	233,33				
		LB2	16	37	1	3	131,25				
		FD3	17	55	3	3	223,53				
		MCC2	33	39	1	3	18,18				

En jonglerie, nous constatons que les résultats du GExp sont nettement supérieurs à ceux du GT, aussi bien en notation objective qu'en appréciation subjective.

Tableau 19 : Résultats objectifs et subjectifs à T0 et à T2 en sauts de corde

Exercice	Groupes	Codes	Notation objective en T0	Notation objective en T2	Appréciation subjective PFS en T0	Appréciation subjective PFS en T2	Taux de progression des notations objectives T2/T0 (%)	Moyenne de taux de progression des notations objectives de T2/T0 (%)	Moyenne des appréciations subjectives PFS à T0	Moyenne des appréciations subjectives PFS à T2	Taux de progression des moyennes appréciations subjectives PFS T2/T0 (%)
CORDE A SAUTER	témoin	UU3	2	10	0	0	400,00	100,28	0,33	0,33	0,00
		TL2	2	1	0	0	-50,00				
		JT1	5	8	1	1	60,00				
		HT2	12	9	0	0	-25,00				
		SM1	1	3	0	0	200,00				
		MQ3	12	14	1	1	16,67				
	expérimental	MN1	4	12	0	1	200,00	198,62	0,83	2,00	140,00
		MW3	43	54	2	3	25,58				
		MD1	2	17	0	1	750,00				
		LB2	20	23	1	1	15,00				
		FD3	9	25	1	3	177,78				
		MCC2	30	37	1	3	23,33				

En sauts de corde, nous constatons que les résultats du GExp sont nettement supérieurs à ceux du GT, aussi bien en notation objective qu'en appréciation subjective.

Tableau 20 : Résultats objectifs et subjectifs à T0 et à T2 en dribbles main droite

Exercice	Groupes	Codes	Notation objective en T0	Notation objective en T2	Appréciation subjective PFS en T0	Appréciation subjective PFS en T2	Taux de progression des notations objectives T2/T0 (%)	Moyenne de taux de progression des notations objectives de T2/T0 (%)	Moyenne des appréciations subjectives PFS à T0	Moyenne des appréciations subjectives PFS à T2	Taux de progression des moyennes appréciations subjectives PFS T2/T0 (%)
DRIBBLES MAIN DROITE	témoin	UU3	11	34	0	0	209,09	74,77	1,33	1,83	37,50
		TL2	10	8	0	0	-20,00				
		JT1	65	73	2	3	12,31				
		HT2	62	66	3	3	6,45				
		SM1	27	94	1	3	248,15				
		MQ3	27	25	2	2	-7,41				
	expérimental	MN1	18	85	0	3	372,22	117,96	1,67	2,83	70,00
		MW3	93	103	3	3	10,75				
		MD1	21	72	1	2	242,86				
		LB2	101	124	3	3	22,77				
		FD3	60	90	1	3	50,00				
		MCC2	109	119	2	3	9,17				

En dribbles main droite, nous constatons que les résultats du GExp sont supérieurs à ceux du GT, aussi bien en notation objective qu'en appréciation subjective.

Tableau 21 : Résultats objectifs et subjectifs à T0 et à T2 en dribbles main gauche

Exercice	Groupes	Codes	Notation objective en T0	Notation objective en T2	Appréciation subjective PFS en T0	Appréciation subjective PFS en T2	Taux de progression des notations objectives T2/T0 (%)	Moyenne de taux de progression des notations objectives de T2/T0 (%)	Moyenne des appréciations subjectives PFS à T0	Moyenne des appréciations subjectives PFS à T2	Taux de progression des moyennes appréciations subjectives PFS T2/T0 (%)
DRIBBLES MAIN GAUCHE	témoin	UU3	20	11	0	0	-45,00	-19,17	0,83	0,50	-40,00
		TL2	7	6	0	0	-14,29				
		JT1	38	29	2	1	-23,68				
		HT2	84	80	2	2	-4,76				
		SM1	33	24	1	0	-27,27				
		MQ3	9	9	0	0	0,00				
	expérimental	MN1	24	45	0	2	87,50	144,15	0,50	2,33	366,67
		MW3	74	95	1	2	28,38				
		MD1	20	40	0	2	100,00				
		LB2	54	110	1	3	103,70				
		FD3	17	92	0	3	441,18				
		MCC2	48	98	1	2	104,17				

En dribbles main gauche, nous constatons que les résultats du GExp sont nettement supérieurs à ceux du GT, aussi bien en notation objective qu'en appréciation subjective.

Tableau 22 : Résultats objectifs et subjectifs à T0 et à T2 en saisies de ballon au vol

Exercice	Groupes	Codes	Notation objective en T0	Notation objective en T2	Appréciation subjective PFS en T0	Appréciation subjective PFS en T2	Taux de progression des notations objectives T2/T0 (%)	Moyenne de taux de progression des notations objectives de T2/T0 (%)	Moyenne des appréciations subjectives PFS à T0	Moyenne des appréciations subjectives PFS à T2	Taux de progression des moyennes appréciations subjectives PFS T2/T0 (%)
SAISIES DE BALLON AU VOL	témoin	UU3	3	5	1	2	66,67	25,00	1,00	1,17	16,67
		TL2	1	1	0	0	0,00				
		JT1	2	3	1	1	50,00				
		HT2	6	5	3	3	-16,67				
		SM1	2	3	1	1	50,00				
		MQ3	1	1	0	0	0,00				
	expérimental	MN1	2	4	0	1	100,00	200,00	0,83	2,33	180,00
		MW3	2	6	1	3	200,00				
		MD1	1	5	0	2	400,00				
		LB2	5	5	3	3	0,00				
		FD3	1	3	0	2	200,00				
		MCC2	1	4	1	3	300,00				

En saisies de ballon au vol, nous constatons que les résultats du GExp sont nettement supérieurs à ceux du GT, aussi bien en notation objective qu'en appréciation subjective.

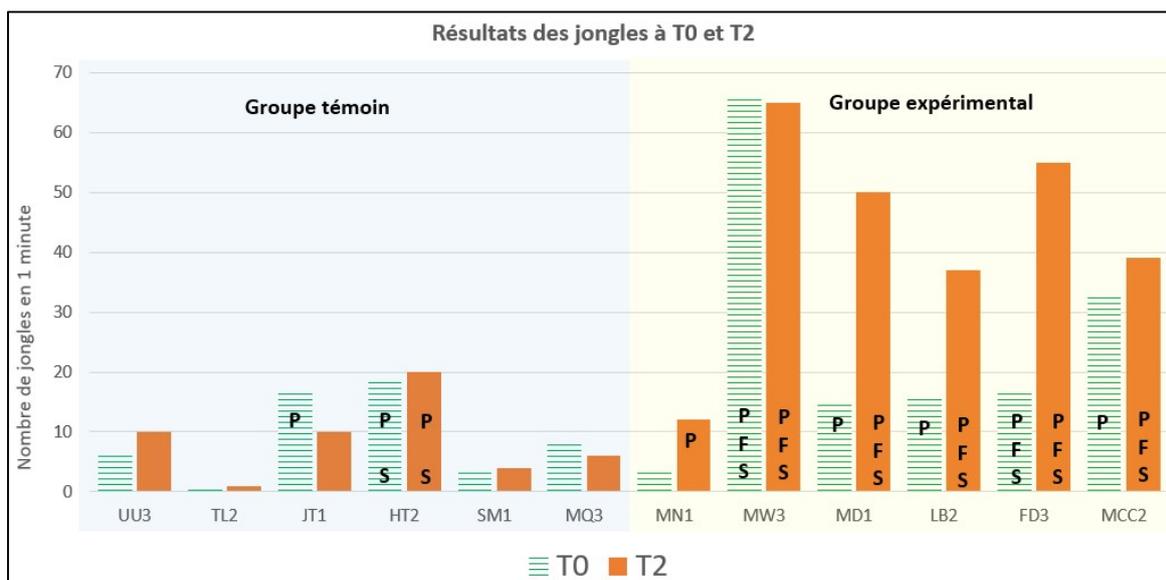
Tableau 23 : Résultats objectifs et subjectifs à T0 et T2 en pose de pieds dans un cerceau roulant

Exercice	Groupes	Codes	Notation objective en T0	Notation objective en T2	Appréciation subjective PFS en T0	Appréciation subjective PFS en T2	Taux de progression des notations objectives T2/T0 (%)	Moyenne de taux de progression des notations objectives de T2/T0 (%)	Moyenne des appréciations subjectives PFS à T0	Moyenne des appréciations subjectives PFS à T2	Taux de progression des moyennes appréciations subjectives PFS T2/T0 (%)
POSE DE PIEDS DANS UN CERCEAU QUI ROULE	témoin	UU3	3	4	0	0	33,33	11,75	0,67	0,83	25,00
		TL2	2	2	0	0	0,00				
		JT1	5	5	0	0	0,00				
		HT2	33	33	3	3	0,00				
		SM1	7	11	1	2	57,14				
		MQ3	5	4	0	0	-20,00				
	expérimental	MN1	8	19	0	2	137,50	257,60	1,00	2,50	150,00
		MW3	6	28	0	3	366,67				
		MD1	1	6	0	1	500,00				
		LB2	16	33	3	3	106,25				
		FD3	13	25	3	3	92,31				
		MCC2	7	31	0	3	342,86				

En pose de pieds dans un cerceau qui roule, nous constatons que les résultats du GExp sont nettement supérieurs à ceux du GT, aussi bien en notation objective qu'en appréciation subjective.

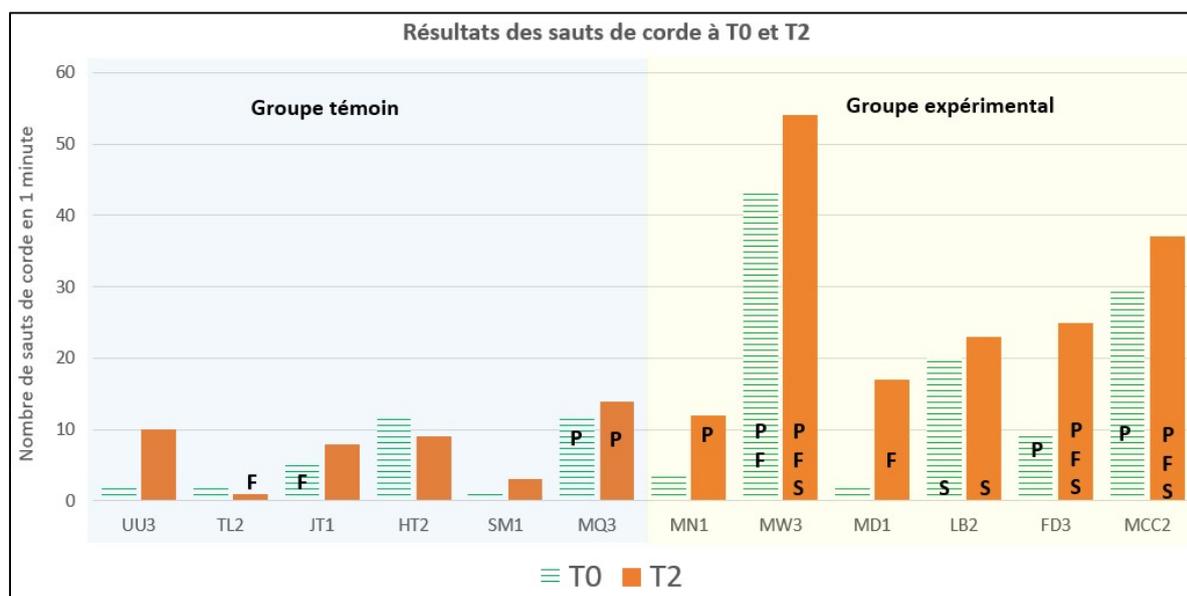
À partir des données notifiées ci-dessus, dans un premier temps nous proposons de visualiser graphiquement les résultats objectif et subjectif de chaque participant à T0 et T2 pour chaque exercice (figure 78 et 83).

Figure 78 : Comparaison des résultats des jongles entre les groupes à T0 et à T2



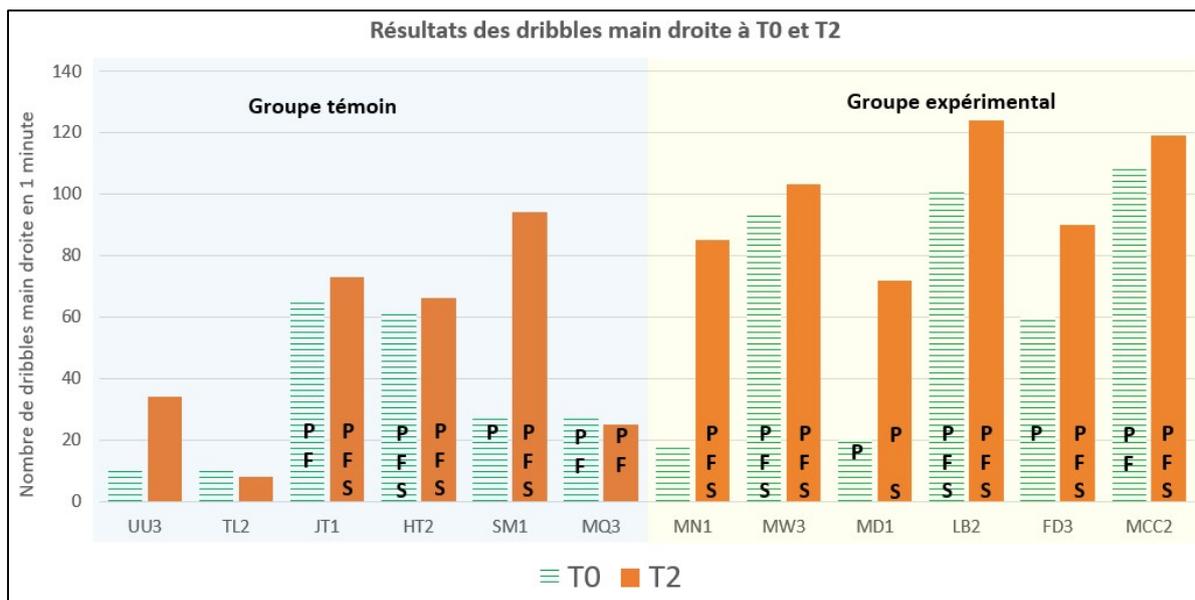
(P : précision, F : fluidité, S : souplesse)

Figure 79 : Comparaison des résultats des sauts de corde entre les groupes à T0 et à T2



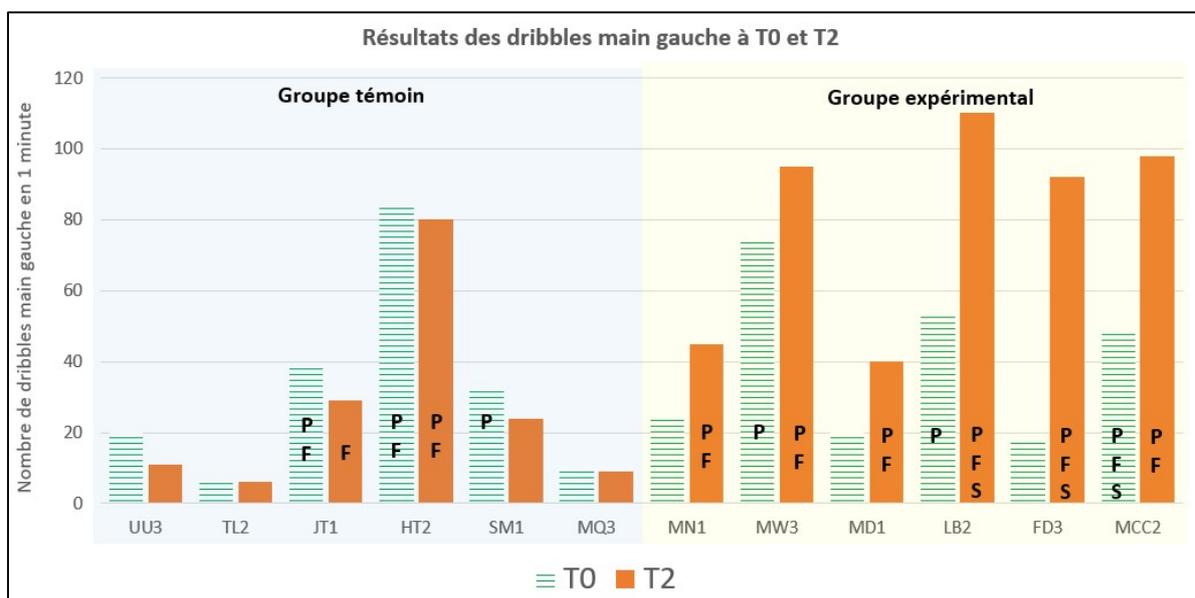
(P : précision, F : fluidité, S : souplesse)

Figure 80 : Comparaison des résultats des dribbles main droite entre les groupes à T0 et à T2



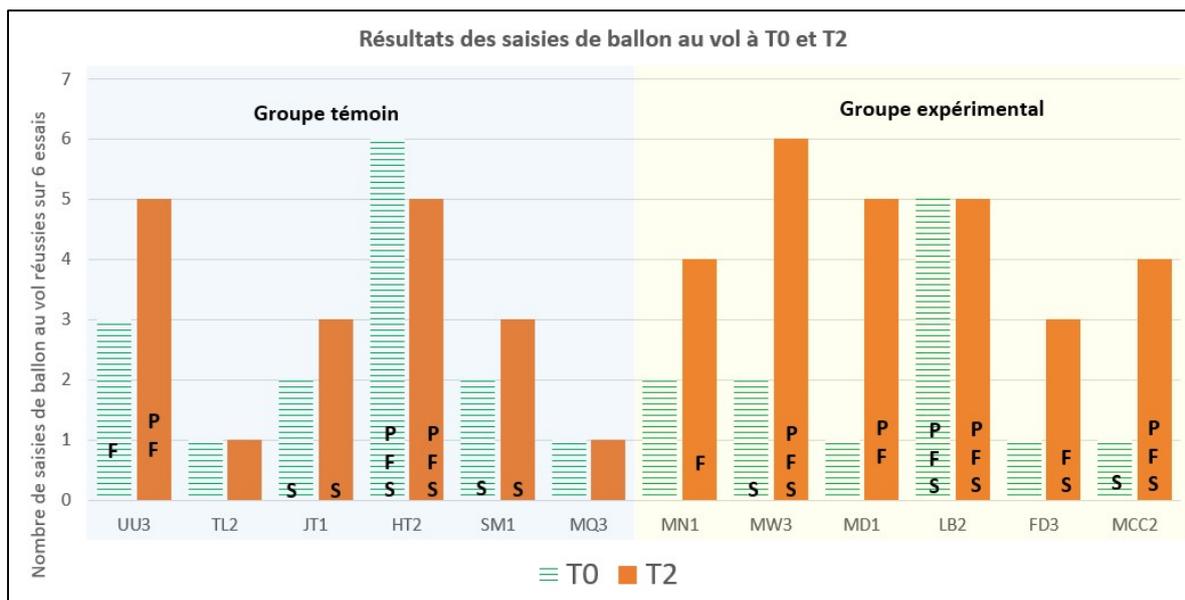
(P : précision, F : fluidité, S : souplesse)

Figure 81 : Comparaison des résultats des dribbles main gauche entre les groupes à T0 et à T2



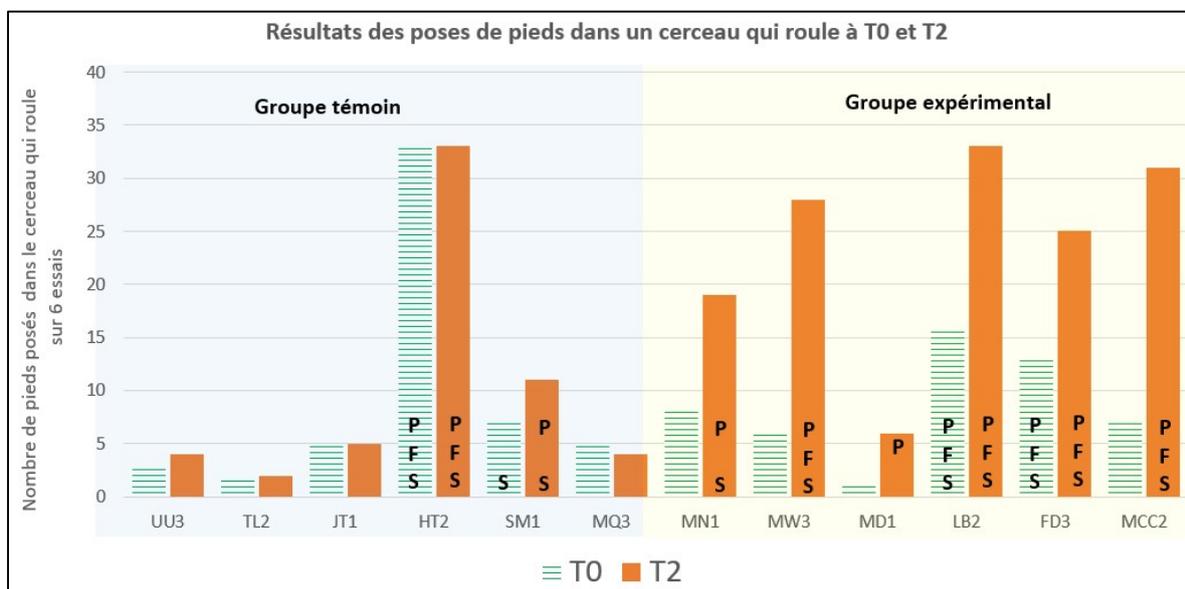
(P : précision, F : fluidité, S : souplesse)

Figure 82 : Comparaison des résultats des saisies de ballon au vol entre les groupes à T0 et à T2



(P : précision, F : fluidité, S : souplesse)

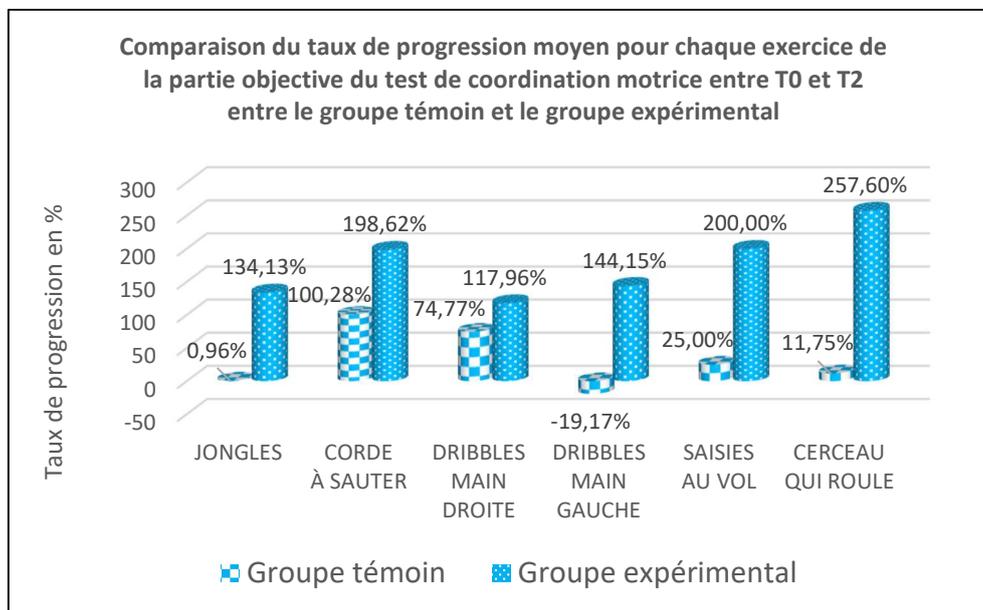
Figure 83 : Comparaison des résultats des poses de pieds dans un cerceau qui roule entre les groupes à T0 et à T2



(P : précision, F : fluidité, S : souplesse)

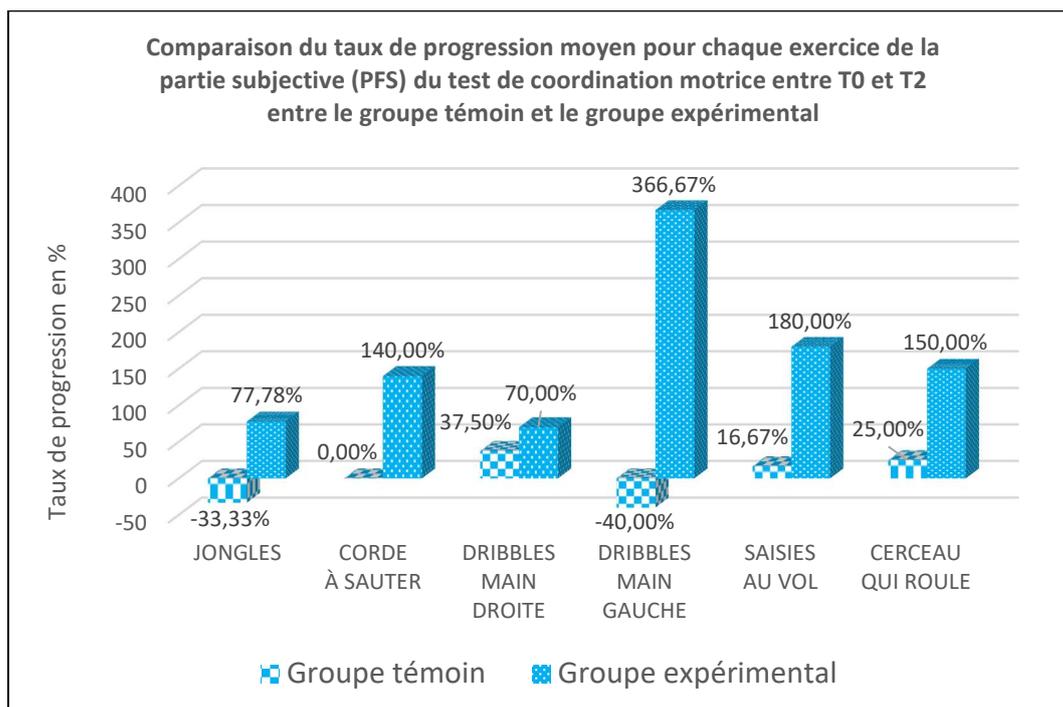
Ensuite, dans un deuxième temps, nous proposons l'histogramme ci-dessous (figure 84) afin de comparer visuellement les taux de progression moyen de la partie objective de chaque exercice entre le GT et le GExp.

Figure 84 : Taux de progression de la partie objective du test



Enfin, dans un troisième temps, nous visionnons l'histogramme ci-après (figure 85) où nous observons les taux de progression moyen de la partie subjective de chaque exercice entre le GT et le GExp.

Figure 85 : Taux de progression de la partie subjective du test



Lors de notre analyse, nous observons que le taux de progression moyen entre T0 et T2 pour les six exercices de coordination motrice est nettement plus élevé dans le GExp par rapport au GT. Nous obtenons ce résultat aussi bien dans la partie objective de l'évaluation que dans la partie subjective. En effet, le GExp par rapport au GT présente un taux de progression objectif plus important en jonglerie (134,13 % contre 0,96 %), en sauts de corde (198,62 % contre 100,28 %), en dribbles main droite (117,96 % contre 74,77 %), en dribbles main gauche (144,15 % contre -19,17 %), à la saisie de ballon au vol (200 % contre 25 %) et à la pose d'un pied dans un cerceau qui roule (257,60 % contre 11,75 %). De la même manière nous obtenons un taux de progression subjectif supérieur pour chaque exercice dans le GExp par rapport au GT. En gardant l'ordre des exercices nous obtenons 77,78 % contre -33,33 % ; 140 % contre 0 ; 70 % contre 37,5 % ; 366,67 % contre -40 % ; 180 % contre 16,67 % et 150 % contre 25 %. Ceci montre que l'entraînement à la coordination motrice, effectué durant le programme moteur en T1, a eu un impact très positif sur les capacités coordinatives. La pratique des exercices et leurs répétitions ont nettement fait plus progresser les enfants du GExp par rapport à ceux du GT, qui eux n'ont pas suivi le programme moteur.

Suite à cette constatation que le GExp a nettement plus progressé en coordination motrice que le GT, nous allons étudier si cette progression peut avoir des répercussions sur la lecture de ces jeunes, et si oui quels types d'impact cela produit. Cette progression pourrait-elle avoir un effet sur le décodage, la fluence ou la compréhension de lecture ? Serait-elle plus favorable aux dyslexiques visuo-perceptuels ou aux phonologiques ? C'est ce que nous chercherons à découvrir dans la rubrique 6.2.2.

Pour conclure, dans cette rubrique, nous avons pris connaissance du niveau de départ en coordination motrice de notre échantillon où nous apprenons que les participants forment un groupe hétérogène, du niveau initial des groupes témoin et expérimental où nous retenons que les deux groupes ne sont pas équivalents, et le niveau de coordination motrice de chaque groupe à T2 où nous constatons que le GExp a plus progressé que le GT.

Maintenant que les descriptions et les analyses du test de coordination motrice sont effectuées, nous allons dans la rubrique suivante décrire et analyser les résultats des tests de lecture.

6.2.2 La description et l'analyse des tests de lecture

Dans cette nouvelle rubrique, nous décrivons et analysons les résultats des participants pour chaque test de lecture à savoir celui du décodage composé de la lecture des listes de mots irréguliers, réguliers et pseudo-mots, du test de fluence constitué du nombre de mots correctement lus en une minute et de la prosodie, et pour terminer du test de compréhension. Les résultats de ces trois tests en T0 et T2 nous permettront d'effectuer une comparaison entre les différents sujets de notre population. Nous précisons qu'un groupe de dix-huit élèves non dyslexiques et sans trouble d'apprentissage, composé de six CE2, six CM1 et six CM2, ont effectué, entre avril et juin 2022, les trois tests de lecture, excepté l'évaluation de la prosodie. Leurs données recueillies nous permettent de disposer d'un groupe étalon dans le but de le comparer avec les deux autres groupes .

6.2.2.1 La description et l'analyse du test de décodage.

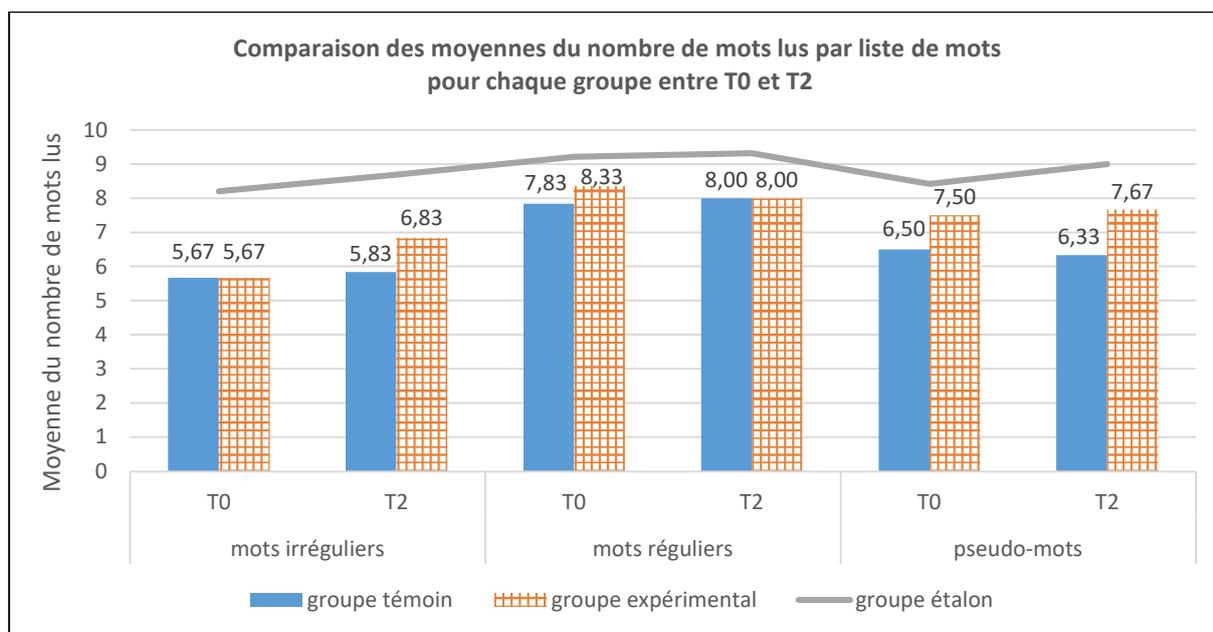
Le test de décodage correspond à la lecture chronométrée d'une liste dix mots irréguliers, puis de la même manière de dix mots réguliers et de dix pseudo-mots. Afin de pouvoir comparer les résultats de chaque groupe (témoin, expérimental et étalon), nous effectuons une moyenne des mots lus sans erreur par groupe à T0 et T2 pour chacune des listes. Ensuite, à partir de ces moyennes, nous calculons le taux de progression (cf. formule p.187) de ces moyennes par groupe et par liste. Ci-après nous présentons le tableau 24 qui indique les données obtenues.

Tableau 24 : Résultats du test de décodage

Groupes	Moyenne de mots irréguliers lus sans erreur		Moyenne de mots réguliers lus sans erreur		Moyenne de pseudo-mots lus sans erreur	
	T0	T2	T0	T2	T0	T2
témoin	5,67	5,83	7,83	8,00	6,50	6,33
expérimental	5,67	6,83	8,33	8,00	7,50	7,67
étalon	8,21	8,68	9,21	9,32	8,42	9,00
Groupes	Taux de progression des moyennes (%)		Taux de progression des moyennes (%)		Taux de progression des moyennes (%)	
témoin	2,9		2,1		-2,6	
expérimental	20,6		-4,0		2,2	
étalon	5,8		1,1		6,9	

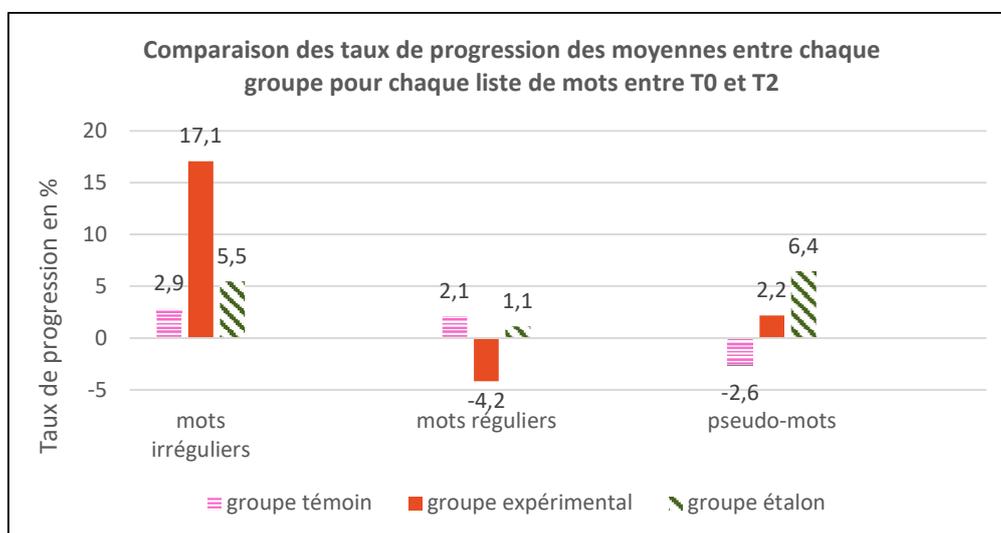
À partir des données du tableau 24, nous proposons une première représentation graphique des moyennes du nombre de mots lus sans erreur pour chaque liste de mots (irréguliers, réguliers et pseudo-mots) afin de comparer nos trois groupes (figure 86). Puis, un deuxième histogramme, nous dévoilons les taux de progression des moyennes pour chaque groupe à des fins de comparaison (figure 87).

Figure 86 : Moyennes du nombre de mots lus au test de décodage



Dans cette figure 86, nous constatons que la logique est respectée puisque les participants du groupe étalon, non dyslexiques (tracé gris), lisent un nombre plus important de mots que ceux des groupes témoin et expérimental diagnostiqués dyslexiques, aussi bien pour les mots irréguliers, réguliers et pseudo-mots.

Figure 87 : Taux de progression des moyennes au test de décodage



Maintenant, nous analysons les résultats des tests de décodage pour les mots irréguliers, réguliers et les pseudo-mots.

Nombre de mots irréguliers. Dans un premier temps, nous analysons les résultats des mots irréguliers lus sans erreur. Les moyennes de chaque groupe à T0 et à T2 révèlent un taux de progression de 2,9 % pour le GT, de 20,6 % pour le GExp et de 5,8 % pour le GÉ. Nous constatons que le GExp a nettement plus progressé que les deux autres groupes. Ainsi, la lecture de mots irréguliers, mots qui se lisent comme une image sans décodage, semblerait plus facile à lire pour le GExp qui a suivi le programme moteur. La pratique de la coordination motrice pourrait avoir joué un rôle dans cette progression.

Nombre de mots réguliers. Dans un deuxième temps, nous analysons les résultats des mots réguliers lus sans erreur. Les moyennes de chaque groupe à T0 et à T2 montrent un taux de progression de 2,1 % pour le GT, de -4 % pour le GExp et de 1,1 % pour le GÉ. Nous remarquons que le GExp présente une évolution négative alors que les deux autres groupes ont légèrement progressé. Ainsi, la lecture de mots réguliers ne semblerait pas plus accessible aux enfants qui ont participé au programme moteur. La pratique de la coordination motrice n'aurait pas favorisé le décodage de mots réguliers.

Nombre de pseudo-mots. Dans un troisième temps, nous analysons les résultats des pseudo-mots lus sans erreur. Les moyennes de chaque groupe à T0 et à T2 indiquent un taux de progression de -2,6 % pour le GT, de 2,2 % pour le GExp et de 6,9 % pour le GÉ. Nous constatons que le GExp a progressé, mais à moindre mesure que le GÉ, et qu'à l'inverse le GT a régressé. Ainsi, la lecture de pseudo-mots, qui demandent des capacités de décodage extrême puisque ce sont des mots qui n'existent pas et où le lecteur ne peut se référer ni à un mot déjà lu ni à la possibilité de deviner la fin du mot, apparaît plus facile à lire pour le GExp que pour le GT. Pour autant nous sommes conscients que 2,2 % n'est pas une augmentation très importante, donc nous ne pouvons pas affirmer que la participation au programme moteur pourrait avoir eu un impact sur les capacités de décodage en lecture de pseudo-mots.

À présent, nous nous intéressons au temps mis par les participants pour lire chaque liste de mots puisque ce test est chronométré. Ainsi, nous calculons pour chaque groupe, les moyennes du temps mis pour lire chacune des listes de mots à T0 et T2. Puis nous en déduisons le taux de progression des moyennes entre T0 et T2. Nous présentons les résultats obtenus dans le tableau 25.

Tableau 25 : Résultats des temps mis au test de décodage

Groupes	Moyenne du temps mis pour lire les mots irréguliers (s)		Moyenne du temps mis pour lire les mots réguliers (s)		Moyenne du temps mis pour lire les pseudo-mots (s)	
	T0	T2	T0	T2	T0	T2
groupe témoin	24,17	27,67	19,83	24,50	27,33	26,50
groupe expérimental	15,83	18,50	13,17	18,83	18,67	21,00
groupe étalon	12,05	13,05	11,32	11,79	13,21	14,47
Groupes	Taux de progression des moyennes (%)		Taux de progression des moyennes (%)		Taux de progression des moyennes (%)	
groupe témoin	14,5		23,5		-3,0	
groupe expérimental	16,8		43,0		12,5	
groupe étalon	8,3		4,2		9,6	

À partir des données ci-dessus, nous proposons deux graphiques. Le premier nous permet de visualiser les moyennes des temps mis pour lire chaque liste de mots à T0 et à T2 pour chaque groupe dans le but de pouvoir les comparer (figure 88). Le deuxième nous dévoile le taux de progression des moyennes pour chaque groupe à des fins de comparaison d'évolution (figure 89).

Figure 88 : Moyennes des temps mis au test de décodage

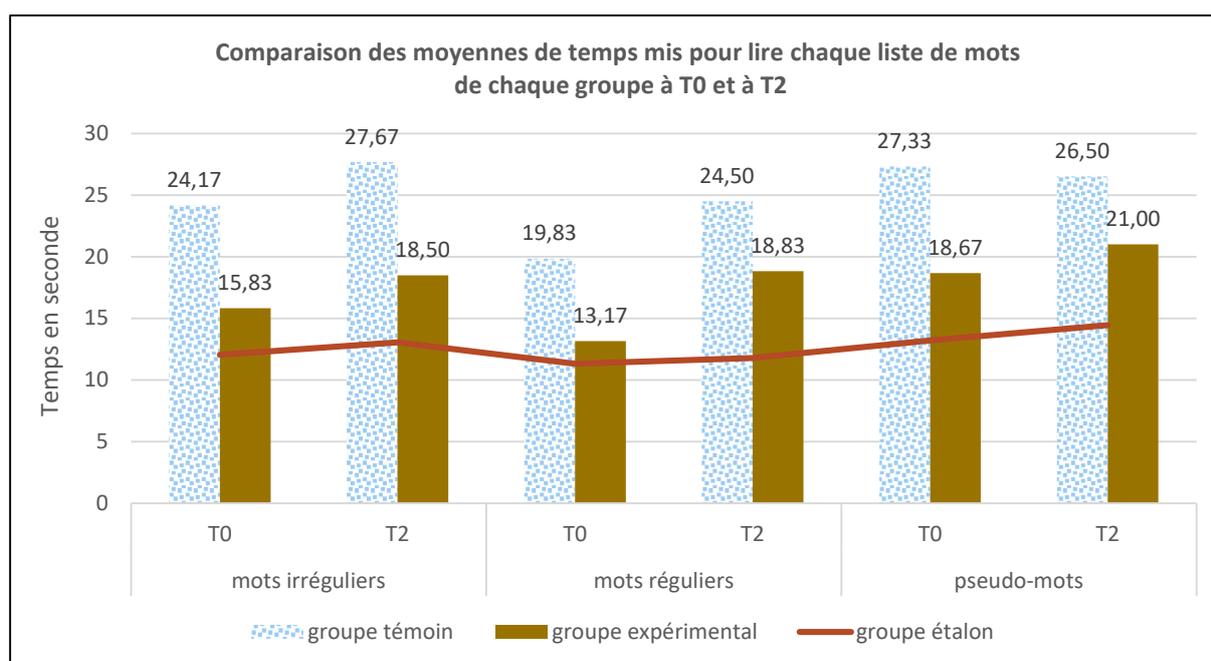
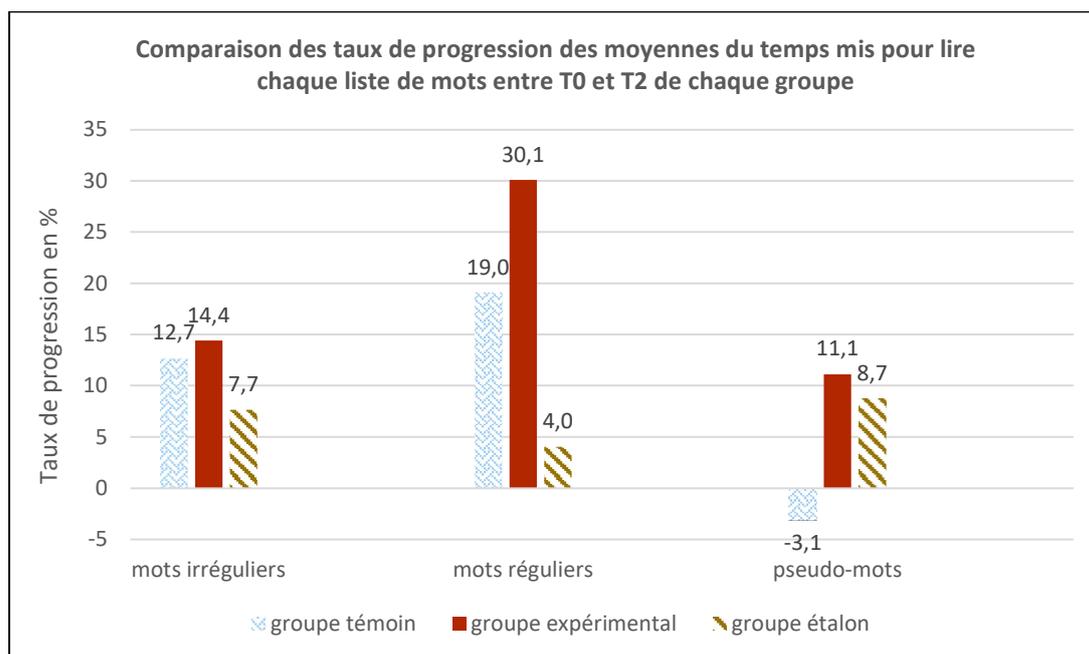


Figure 89 : Taux de progression des moyennes des temps mis au test de décodage



Maintenant, nous analysons les résultats des temps mis pour lire les listes de mots irréguliers, réguliers et pseudo-mots.

Temps de lecture des mots irréguliers. Tout d'abord, nous nous intéressons à la durée mise pour lire les mots irréguliers. Les trois groupes ont mis plus de temps pour lire la liste de mots en T2 par rapport à celle de T0. De fait, leur taux de progression est positif mais cela révèle une régression de la vitesse de lecture pour l'ensemble des groupes. Nous constatons que cette régression est plus prononcée dans le GExp (16,8 %) par rapport au GT (14,5 %). Ainsi, la vitesse de lecture n'a pas été améliorée chez les enfants qui ont participé au programme moteur. La pratique de la coordination motrice ne semblerait pas contribuer à lire plus rapidement des mots irréguliers.

Temps de lecture des mots réguliers. À présent, nous analysons les résultats des temps mis pour lire les mots réguliers. Les trois groupes ont également mis plus de temps pour lire la liste de mots en T2 par rapport à celle de T0. De fait, leur taux de progression est positif ce qui révèle une régression de la vitesse de lecture pour tous les groupes. Nous remarquons que cette régression est nettement plus prononcée dans le GExp (43 %) par rapport au GT (23,5 %). Ainsi, la vitesse de lecture n'a pas été améliorée chez les enfants qui ont suivi le programme moteur. La pratique de la coordination motrice ne semblerait pas augmenter la vitesse de lecture de mots réguliers.

Temps de lecture des pseudo-mots. Enfin, nous analysons les résultats des temps mis pour lire les pseudo-mots. Les groupes expérimental et étalon ont mis plus de temps pour lire la liste de pseudo-mots en T2 par rapport à celle en T0, contrairement au groupe témoin. Le taux de progression du GExp (12,5 %) et du GÉ (9,6 %) sont positifs, ce qui signifie que leur vitesse de lecture a régressé. Par contre, le taux de progression du GT (- 3 %) est négatif ce qui montre une augmentation de la vitesse de lecture. Ainsi, la vitesse de lecture n'a pas été bonifiée chez les sujets qui ont participé au programme moteur. La pratique de la coordination motrice ne semblerait pas contribuer à lire plus rapidement des pseudo-mots.

Dans ce paragraphe, nous récapitulons les résultats des trois types de mots lus et de leur temps de lecture. Les résultats des mots lus sans erreur nous permettent de constater une nette progression pour les mots irréguliers, une légère progression pour les pseudo-mots et aucun progrès pour les mots réguliers. De plus, nous notons que la vitesse de lecture n'a pas été améliorée pour les trois types de mots.

Jusqu'à présent, nous avons effectué une analyse du test de décodage en comparant les différents groupes. En accord avec nos hypothèses, nous allons plus loin afin de savoir si le type de dyslexie joue un rôle dans les résultats obtenus, ceci afin de répondre à notre quatrième sous hypothèse qui nous le rappelons est : « La coordination motrice améliorerait plus favorablement les dyslexiques visuo-perceptuels plutôt que les phonologiques. ». Ainsi, nous cherchons à comparer les dyslexiques visuo-perceptuels et phonologiques au sein des groupes expérimental et témoin. Pour autant, nous décidons d'introduire également dans les graphiques représentatifs suivants les données des résultats des enfants non dyslexiques du groupe étalon à des fins de comparaison.

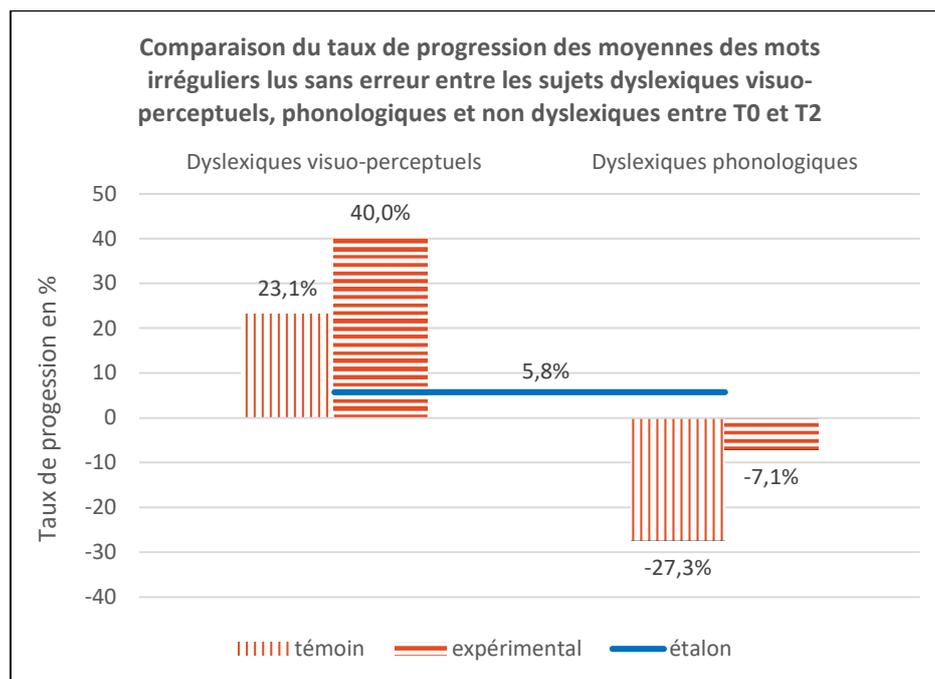
En premier lieu, nous décrivons les résultats de la liste de mots irréguliers des sujets dyslexiques visuo-perceptuels et phonologiques des groupes témoin et expérimental. Afin de comparer ces résultats, nous calculons la moyenne de mots irréguliers lus sans erreur à T0 et T2, ainsi que le taux de progression entre T0 et T2 (tableau 26).

Tableau 26 : Résultats des mots irréguliers par types de dyslexie

Groupes	Dyslexiques visuo-perceptuels			Dyslexiques phonologiques		
	Moyenne des mots irréguliers		Taux de progression des moyennes en %	Moyenne des mots irréguliers		Taux de progression des moyennes en %
	T0	T2		T0	T2	
témoin	6,5	8,0	23,1	5,5	4,0	-27,3
expérimental	5,0	7,0	40,0	7,0	6,5	-7,1
étalon	8,2	8,7	5,8	8,2	8,7	5,8

Dans le but de visualiser les résultats du tableau 26, nous proposons l'histogramme ci-dessous (figure 90).

Figure 90 : Taux de progression des moyennes des mots irréguliers lus sans erreur



Maintenant, nous analysons les résultats des sujets dyslexiques visuo-perceptuels (DysVP) et des dyslexiques phonologiques (DysP) des groupes témoin et expérimental pour les mots irréguliers.

Performances suivant le type de dyslexie – mots irréguliers. Dans le GExp, nous obtenons un taux de progression des moyennes des mots irréguliers entre T0 et T2 chez les DysVP de 40 % contre -7,1 % chez les DysP. Dans le GT, ce taux est de 23,1 % chez les DysVP

et de -27,3 % chez les DysP. Nous constatons que les DysVP des deux groupes ont mieux évolué que les DysP. Mais plus précisément, nous observons que les DysVP du GExp ont nettement plus évolué que ceux du GT. Ainsi, les DysVP qui ont participé au programme moteur montre de meilleurs résultats que les DysVP qui n'y ont pas pris part. La pratique de la coordination motrice pourrait contribuer aux progrès réalisés par les DysVP en lecture de mots irréguliers.

Ensuite, nous analysons les résultats des DysP et des DysVP au sein même du groupe expérimental. Nous constatons que le taux de progression des DysVP (40 %) est nettement meilleur que celui des DysP (-7,1 %). Ainsi, à l'intérieur du GExp, les DysVP ont de meilleurs résultats que les DysP alors qu'ils ont tous participé de la même manière au programme moteur. Nous en déduisons que la pratique de la coordination motrice pourrait intervenir différemment selon le type de dyslexie. Elle améliorerait plus favorablement les dyslexiques visuo-perceptuels plutôt que les phonologiques en lecture de mots irréguliers.

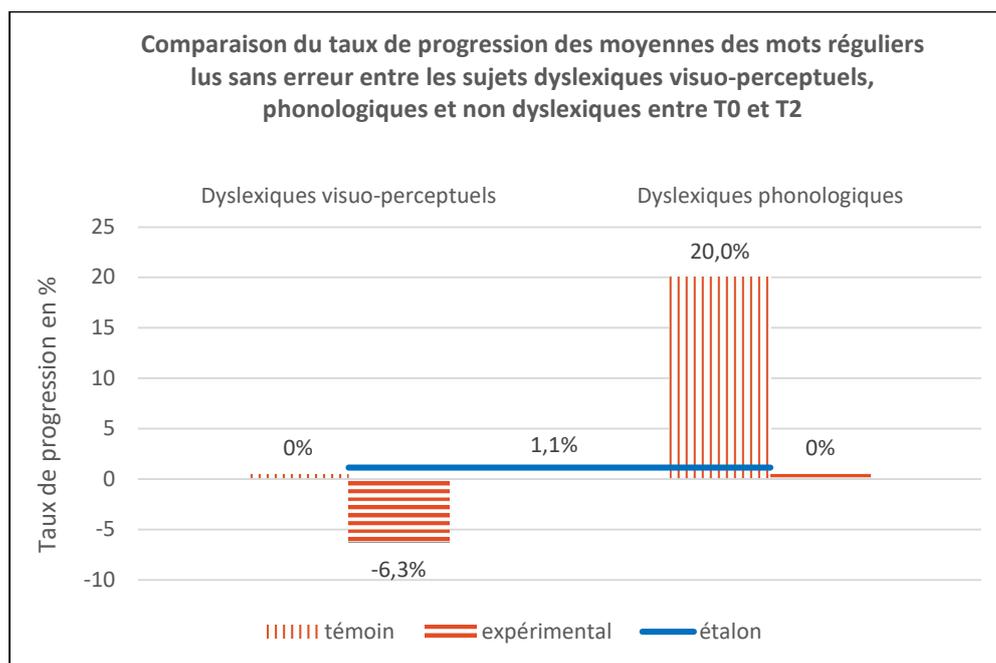
En deuxième lieu, nous décrivons les résultats de la liste de mots réguliers des sujets dyslexiques visuo-perceptuels et phonologiques des groupes témoin et expérimental. Afin de comparer ces résultats, nous calculons la moyenne de mots réguliers lus sans erreur à T0 et T2, ainsi que le taux de progression entre T0 et T2 (tableau 27).

Tableau 27 : Résultats des mots réguliers par types de dyslexie

Groupes	Dyslexiques visuo-perceptuels			Dyslexiques phonologiques		
	Moyenne des mots réguliers		Taux de progression des moyennes en %	Moyenne des mots réguliers		Taux de progression des moyennes en %
	T0	T2		T0	T2	
témoin	8,5	8,5	0,0	7,5	9,0	20,0
expérimental	8,0	7,5	-6,3	9,0	9,0	0,0
étalon	9,2	9,3	1,1	9,2	9,3	1,1

Afin de visualiser graphiquement les résultats du tableau 27, nous proposons l'histogramme suivant (figure 91).

Figure 91 : Taux de progression des moyennes des mots réguliers lus sans erreur



À présent, nous analysons les résultats des sujets DysVP et DysP des groupes témoin et expérimental pour les mots réguliers.

Performances suivant le type de dyslexie – mots réguliers. Dans le GExp, nous obtenons un taux de progression des moyennes des mots réguliers entre T0 et T2 chez les DysVP de -6,3 % contre 0 % chez les DysP. Dans le GT, ce taux est de 0% chez les DysVP et de 20 % chez les DysP. Nous constatons que les DysP ont plus progressé que les DysVP dans le GT, et qu'il en est de même dans le GExp puisque le taux de progression des DysVP est négatif alors que celui des DysP est de zéro. Plus finement, nous observons que les DysVP du GExp ont régressé contrairement à ceux du GT qui présentent une stabilité. Ainsi, les DysVP qui ont pratiqué le programme moteur affichent de moins bons résultats que les DysVP qui ne l'ont pas suivi. Et il en est de même concernant les DysP. Ainsi, la pratique de la coordination motrice ne pourrait pas contribuer à faire progresser les DysVP et les DysP en lecture de mots réguliers.

Ensuite, nous analysons les résultats des DysP et des DysVP au sein même du groupe expérimental. Nous constatons que le taux de progression des DysVP (-6,3 %) est négatif montrant un moins bon résultats en T2 qu'en T0 contrairement à celui des DysP qui n'a pas évolué (0 %). Ainsi, à l'intérieur du GExp, les DysP ont mieux réussi à lire les mots réguliers que les DysVP alors qu'ils ont tous participé de la même manière au programme moteur. Nous en déduisons que la pratique de la coordination motrice pourrait intervenir différemment selon

le type de dyslexie. Elle améliorerait plus favorablement les dyslexiques phonologiques plutôt que les visuo-perceptuels en lecture de mots réguliers.

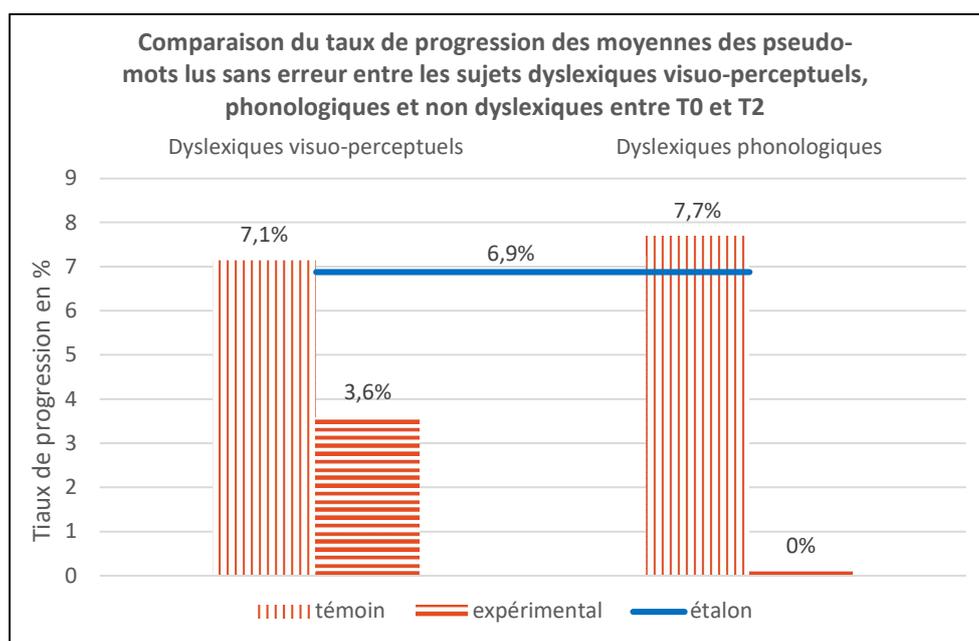
En troisième lieu, nous décrivons les résultats de la liste de pseudo-mots des sujets dyslexiques visuo-perceptuels et phonologiques des groupes témoin et expérimental. Afin de comparer ces résultats, nous calculons la moyenne de pseudo-mots lus sans erreur à T0 et à T2, ainsi que le taux de progression entre T0 et T2 (tableau 28).

Tableau 28 : Résultats des pseudo-mots par types de dyslexie

Groupes	Dyslexiques visuo-perceptuels			Dyslexiques phonologiques		
	Moyenne des pseudo-mots		Taux de progression des moyennes en %	Moyenne des pseudo-mots		Taux de progression des moyennes en %
	T0	T2		T0	T2	
témoin	7,0	7,5	7,1	6,5	7,0	7,7
expérimental	7,0	7,3	3,6	8,5	8,5	0,0
étalon	8,4	9,0	6,9	8,4	9,0	6,9

Nous proposons de visualiser graphiquement les données du tableau 28 afin de mieux nous rendre compte des résultats (figure 92).

Figure 92 : Taux de progression des moyennes des pseudo-mots lus sans erreur



Maintenant, nous analysons les résultats des sujets DysVP et DysP des groupes témoin et expérimental pour les pseudo-mots.

Performances suivant le type de dyslexie – pseudo-mots. Dans le GExp, nous obtenons un taux de progression des moyennes des pseudo-mots entre T0 et T2 chez les DysVP de 3,6 % contre 0 % chez les DysP. Dans le GT, ce taux est de 7,1 % chez les DysVP et de 7,7 % chez les DysP. Nous constatons que les DysVP des deux groupes ont progressé, alors que les DysP ont évolué positivement uniquement pour le GT ; les DysP du GExp présentent des résultats stables . Mais plus précisément, nous observons que les DysVP du GT ont plus progressé que ceux du GExp (7,1 % contre 3,6 %). Et de la même manière, les DysP du GT ont évolué positivement contrairement à ceux du GExp (7,7 % contre 0 %). Ainsi, les DysVP et les DysP qui n'ont pas participé au programme moteur montrent de meilleurs résultats que les DysVP et les DysP qui y ont pas pris part. Ainsi, la pratique de la coordination motrice ne semblerait pas contribuer à faire progresser la lecture de mots pseudo-mots chez les sujets dyslexiques tout-venant.

Ensuite, nous analysons les résultats des DysP et des DysVP au sein même du groupe expérimental. Nous constatons que le taux de progression des DysVP (3.6 %) est meilleur que celui des DysP (0 %). Ainsi, à l'intérieur du GExp, les DysVP ont légèrement de meilleurs résultats que les DysP. Au vu de cette minime différence de résultats entre les DysVP et DysP et au petit nombre de participants dans notre GExp, nous en déduisons que la pratique de la coordination motrice ne semble pas intervenir différemment selon le type de dyslexie. Elle n'améliorerait pas plus favorablement les dyslexiques visuo-perceptuels plutôt que les phonologiques en lecture de pseudo-mots.

En synthèse de cette analyse du test de décodage, nous retenons que le GExp a nettement progressé quant au nombre de mots irréguliers lus sans erreur tout en régressant en vitesse de lecture ; plus de mots irréguliers ont été lus correctement sur un laps de temps plus important. Concernant les mots réguliers il n'y a pas eu de progrès ni en nombre de mots lus ni en vitesse de lecture dans le GExp. De plus, toujours pour ce même groupe, nous observons une légère amélioration du nombre de pseudo-mots lus sans erreur mais sans amélioration de la vitesse de lecture. Enfin, plus finement en comparant les DysVP et les DysP issus du GExp, nous découvrons que pour la lecture de mots irréguliers les DysVP ont nettement plus progressé que les DysP ce qui n'est pas le cas pour la lecture de mots réguliers et de pseudo-

mots. Ci-dessous, nous proposons un tableau récapitulatif des analyses des résultats du groupe expérimental du test de décodage (tableau 29).

Tableau 29 : Récapitulatif des analyses du test de décodage

Récapitulatif des analyses du test de décodage entre T0 et T2 du groupe expérimental				
	Critères		Constats	Effets - Interprétations
Test de décodage	Liste de mots irréguliers	<i>Lecture des mots</i>	Taux de progression en nette augmentation	Augmentation importante du nombre de mots irréguliers lus sans erreur
			Taux de progression des DysVP nettement supérieur à celui des DysP	Plus de mots irréguliers lus par les DysVP que par les DysP
		<i>Temps effectué</i>	Taux de progression en baisse	Régression de la vitesse de lecture
	Liste de mots réguliers	<i>Lecture des mots</i>	Taux de progression en baisse	Diminution du nombre de mots réguliers lus sans erreur
			Taux de progression stable des DysP et négatif des DysP	Plus de mots réguliers lus par les DysP que par les DysVP
		<i>Temps effectué</i>	Taux de progression en baisse	Régression de la vitesse de lecture
	Liste de pseudo-mots	<i>Lecture des mots</i>	Taux de progression faiblement en augmentation, non significatif	Faible augmentation du nombre de pseudo-mots lus sans erreur
			Taux de progression des DysVP très faiblement supérieur à celui des DysP	Très légèrement plus de pseudo-mots lus par les DysVP que par les DysP
		<i>Temps effectué</i>	Taux de progression en baisse	Régression de la vitesse de lecture

Maintenant que nous avons décrit et analysé le test de décodage, nous allons en faire de même pour le test de fluence.

6.2.2.2 La description et l'analyse du test de fluence.

À présent, nous dévoilons les résultats du test de fluence qui se compose du nombre de mots correctement lus en une minute (MCLM) et de la prosodie. Nous rappelons que le calcul du test MCLM se réalise en calculant la différence entre le nombre total de mots lus en une minute et le nombre d'erreurs effectuées. Concernant la prosodie, celle-ci est constituée de l'expressivité et du phrasé que nous avons évalué de manière subjective selon la grille de l'échelle multidimensionnelle de fluence (voir la rubrique 5.4.2.2).

Dans un premier temps, nous décrivons les résultats du test MCLM dans le tableau 30 en donnant le détail du nombre total de mots lus et du nombre d'erreurs pour chaque participant des trois groupes à T0 et à T2.

Tableau 30 : Résultats des MCLM au test de fluence

Groupes	Types de dyslexie	Codes	Nombre total de mots lus en une minute		Nombre d'erreurs		MCLM	
			T0	T2	T0	T2	T0	T2
témoin	visuo-perceptuelle	JT1	86	76	0	6	86	70
		MQ3	77	66	3	3	74	63
	phonologique	UU3	112	96	8	8	104	88
		HT2	59	52	5	6	54	46
	mixte	TL2	66	66	1	2	65	64
		SM1	45	35	2	6	43	29
expérimental	visuo-perceptuelle	MN1	79	81	4	5	75	76
		MW3	97	82	2	2	95	80
		MD1	97	96	3	3	94	93
		MCC2	94	87	8	8	86	79
	phonologique	LB2	97	98	7	5	90	93
		FD3	87	81	2	1	85	80
étalon			105	95	2	2	103	93
			124	113	0	3	124	110
			97	90	1	1	96	89
			96	87	2	2	94	85
			92	85	2	0	90	85
			77	67	3	2	74	65
			97	106	2	1	95	105
			110	103	2	3	108	100
			134	125	3	2	131	123
			144	133	0	3	144	130
			120	110	2	2	118	108
			117	109	2	1	115	108
			159	150	3	1	156	149
			120	109	2	1	118	108
			159	153	0	1	159	152
			118	112	0	0	118	112
		132	122	1	1	131	121	
		145	132	0	2	145	130	

À partir des résultats du tableau 30, nous décidons de calculer la moyenne de MCLM pour chaque groupe à T0 et à T2, puis de déterminer leur taux de progression entre T0 et T2. Nous dévoilons les données obtenues dans le tableau 31.

Tableau 31: Résultats des moyennes et des taux de progression des MCLM au test de fluence

Groupes	Moyenne des MCLM		Taux de progression des moyennes des MCLM entre T0 et T2 en %
	T0	T2	
témoin	71,0	60,0	-15,5
expérimental	87,5	83,5	-4,6
étalon	117,7	109,6	-6,9

Afin de visualiser ces moyennes et ces taux de progression, nous présentons un premier histogramme qui permet d'observer la comparaison des moyennes des MCLM entre chaque groupe à T0 et à T2 (figure 93) et un second histogramme qui permet de constater leur taux de progression (figure 94).

Figure 93 : Moyenne des MCLM au test de fluence

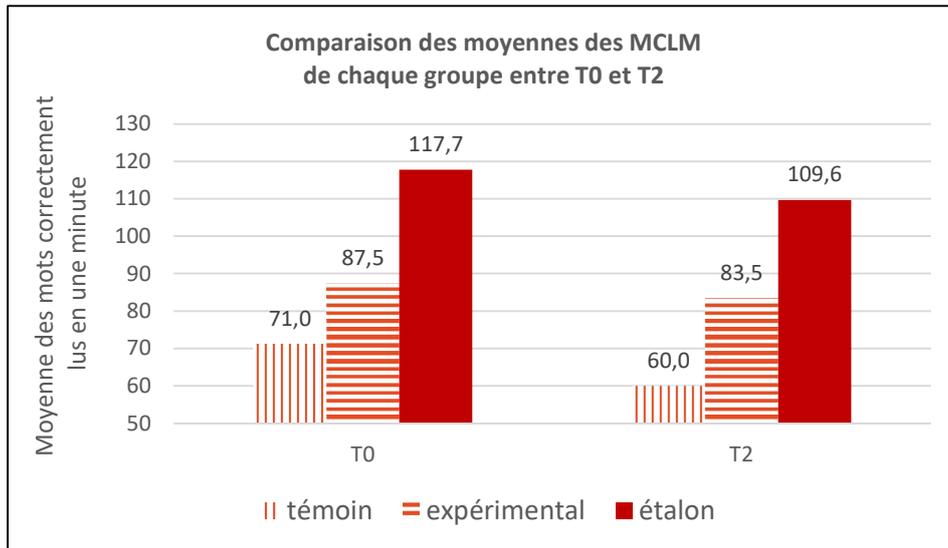
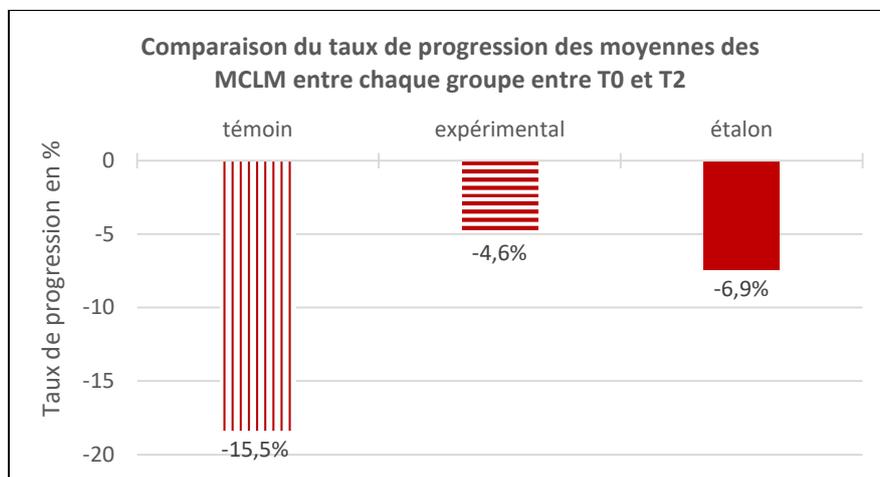


Figure 94 : Taux de progression des moyennes des MCLM



Maintenant, nous analysons les résultats du test de MCLM.

Nombre de mots correctement lus à la minute. Les taux de progression des moyennes des MCLM entre T0 et T2 sont négatifs pour les trois groupes. Pour autant, nous observons une régression nettement moins importante chez le GExp (-4,6 %) que chez le GT (-15,5 %) et le GÉ (-6,9 %). Cette régression collective pourrait venir du fait que le texte en T2 contient plus

de ponctuation que celui à T0. En effet, le récit « Les deux bossus » se compose de neuf phrases et de quatre virgules contre dix phrases et sept virgules pour l'histoire « Au bord du fleuve ». Nous avons étudié les différences des deux textes jusqu'au 98^{ème} mot puisque c'est le meilleur score obtenu en nombre de mots lus en une minute dans le texte n°2, groupes expérimental et témoin confondus. Nous n'avons pas trouvé de différence significative quant au nombre de syllabes entre ces deux textes, nous estimons donc que ces taux de progression négatifs proviennent de la ponctuation. Cette dernière, plus nombreuse dans le deuxième texte, entraîne naturellement plus de pause lors de la lecture, et par voie de conséquence un nombre moins important de mots lus pendant la minute. Toutefois, nous notons que le GExp, qui a suivi le programme moteur, a nettement moins régressé que les deux autres groupes. La pratique de la coordination motrice pourrait expliquer cette moindre régression.

Comme nous avons constaté une ponctuation plus nombreuse dans le texte n°2 par rapport au n°1 lors de la première minute de lecture, nous avons tenté de mettre en œuvre une technique nous permettant de réduire la non équivalence des deux textes. Pour cela, pour tenter d'écraser, de « lisser » ces différences éventuelles, dues à l'écart de ponctuation entre les textes utilisés en T0 et en T2, nous nous sommes inspirés sur la méthode proposée par Zendrera, Freixa et Grangereau (2015). Ceci nous a permis de remédier à ces discordances inattendues. Cette méthode, que nous appellerons ici un « lissage », va nous permettre de rendre les deux textes en quelque sorte équivalents.

Ainsi, notre lissage consiste en la procédure suivante : nous utilisons comme référence les données du GÉ. En effet, si les textes avaient été équivalents, les normo-lecteurs du GÉ, non dyslexiques, auraient dû ni régresser ni progresser et obtenir à peu près le même nombre de MCLM entre T0 et T2.

De fait, nous prenons comme référence la moyenne de 117,7 MCLM à T0 du GÉ (groupe étalon) que nous conservons à T2. Or, en T2 le GÉ avait obtenu une moyenne de 109,6 MCLM, valeur que nous amenons à 117,7. Nous obtenons un taux de correction de 107,4 % (117,7/109,6).

Lissage de nos données. Ce taux de correction basé sur les résultats, cette proportion de 107,4%, constitue ainsi notre « outil de lissage », que nous allons pouvoir répercuter sur les résultats obtenus auprès du groupe expérimental (GExp). Ce dernier avait obtenu une moyenne de 83,5 de MCLM à T2 ; nous multiplions ce résultat par notre taux de 107,4 % et nous obtenons une moyenne de 89,7 de MCLM. Ainsi, le GExp qui avait une moyenne en MCLM à

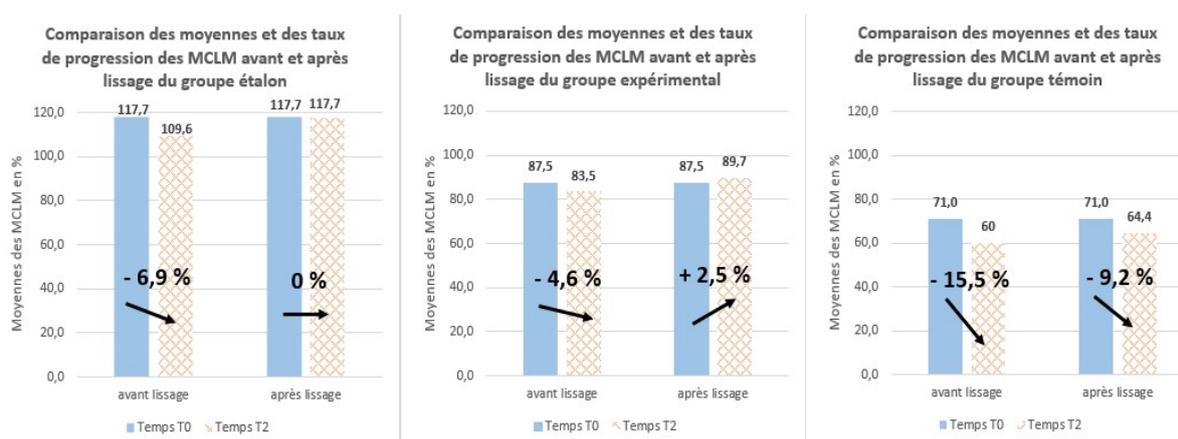
T0 de 87,5 obtient en T2 une moyenne de 89,7 montrant un taux de progression de 2,5 %. De la même manière, nous effectuons ce calcul pour le groupe témoin où nous obtenons un taux de progression négatif de -9.2%. Ces résultats apparaissent dans le tableau 32 ci-dessous.

Tableau 32 : Résultats des taux de progression des moyennes des MCLM après lissage

	Moyenne des MCLM avant lissage		Taux de correction	Moyenne des MCLM après lissage		Taux de progression des moyennes après lissage (%)	Taux de progression des moyennes avant lissage (%)
	T0	T2		T0	T2		
Groupe étalon	117,7	109,6	107,4	117,7	117,6	0	-6,9
Groupe expérimental	87,5	83,5		87,5	89,7	2,5	-4,6
Groupe témoin	71	60		71	64,4	-9,2	-15,5

Ce lissage des données nous permet d'observer chez le GExp une amélioration des moyennes des MCLM avec un taux de progression positif (+2,5 %), alors que sans le lissage nous obtenions un taux de progression négatif (-4,6 %). Par contre, même avec le lissage des données, le taux de progression des MCLM du GT reste négatif (-15,5 % contre -9,2 %). Nous présentons une représentation graphique de ces résultats dans la figure 95. Nous en concluons que le GExp qui a suivi le programme moteur a progressé en nombre de MCLM. Ainsi, la coordination motrice pourrait avoir eu un impact sur la vitesse de lecture.

Figure 95 : Lissage des moyennes et des taux de progression des MCLM



Ensuite, nous cherchons à savoir si ce taux de progression des moyennes est dû à une évolution du nombre de mots lus en une minute ou du nombre d'erreurs réalisé, nous décidons de calculer le pourcentage de mots erreurs par rapport au nombre de mots lus pour chaque participant. Nous effectuons ce calcul pour T0 et T2. Puis, nous en déduisons la moyenne des

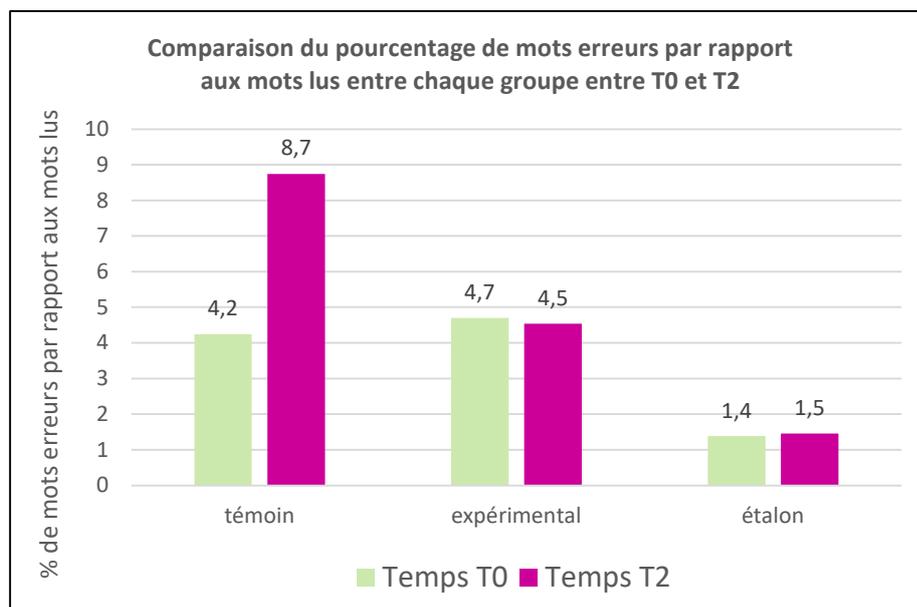
pourcentages de mots erreurs par rapport au nombre de mots lus pour chaque groupe à T0 et à T2. Nous dévoilons ces résultats dans le tableau 33.

Tableau 33 : Résultats des mots lus avec erreur

Groupes	Codes	T0		T2	
		% de mots erreurs par rapport aux mots lus	Moyenne	% de mots erreurs par rapport aux mots lus	Moyenne
témoin	JT1	0,0	4,2	7,9	8,7
	MQ3	3,9		4,5	
	UU3	7,1		8,3	
	HT2	8,5		11,5	
	TL2	1,5		3,0	
	SM1	4,4		17,1	
expérimental	MN1	5,1	4,7	6,2	4,5
	MW3	2,1		2,4	
	MD1	3,1		3,1	
	MCC2	8,5		9,2	
	LB2	7,2		5,1	
	FD3	2,3		1,2	
étalon		1,9	1,4	2,1	1,5
		0,0		2,7	
		1,0		1,1	
		2,1		2,3	
		2,2		0,0	
		3,9		3,0	
		2,1		0,9	
		1,8		2,9	
		2,2		1,6	
		0,0		2,3	
		1,7		1,8	
		1,7		0,9	
		1,9		0,7	
		1,7		0,9	
		0,0		0,7	
		0,0		0,0	
		0,8		0,8	
		0,0		1,5	

Afin de nous rendre compte de ces résultats, nous en proposons une interprétation graphique ci-dessous (figure 96).

Figure 96 : Moyennes des pourcentages des mots lus avec erreur



À présent, nous analysons le pourcentage de mots erreurs lus pendant la minute afin de savoir si l'évolution des MCLM est due à la variation du nombre total de mots lus en une minute ou à celle du nombre d'erreurs effectués.

Nombre d'erreurs. Nous constatons que les moyennes du pourcentage de mots erreurs par rapport au nombre de mots lus entre T0 et T2 sont stables pour le GExp (T0 = 4,7 ; T2 = 4,5) et pour le GÉ (T0 = 1,4 ; T2 = 1,5). Par contre, elles présentent une hausse en T2 pour le GT (T0 = 4,2 ; T2 = 8,7). Cette augmentation du nombre de mots lus avec erreur chez le GT montre une plus grande difficulté à lire les mots du texte en T2 par rapport à celui de T0 lors de la première minute de lecture. Or, nous ne retrouvons pas cette difficulté pour le GExp qui a pris part au programme moteur. La pratique de la coordination motrice pourrait justifier cette différence entre les deux groupes.

Par ailleurs, puisque nous venons de constater que le taux de progression des moyennes des MCLM du GExp n'est pas attribuée à la variation du nombre de mots lus avec erreur, nous pouvons affirmer qu'elle provient de la quantité de mots lus en une minute. De plus, puisque ce taux de progression des moyennes des MCLM a plus favorablement évolué chez le GExp que chez les deux autres groupes, cela nous montre que pour le GExp la lecture des mots s'est faite plus rapidement en lisant le texte n°2 par rapport au n°1. Ainsi, il semblerait que le GExp ait lu vite en T2. La pratique de la coordination motrice pourrait avoir un impact sur la vitesse de lecture de phrases dans un texte.

Jusqu'à présent, nous avons effectué une analyse du test de MCLM en comparant les différents groupes. En accord avec nos hypothèses, nous allons plus loin afin de voir si le type de dyslexie joue un rôle dans les résultats obtenus. Ainsi, dorénavant, nous cherchons à comparer les dyslexiques visuo-perceptuels (DysVP) et phonologiques (DysP) au sein des groupes expérimental et témoin.

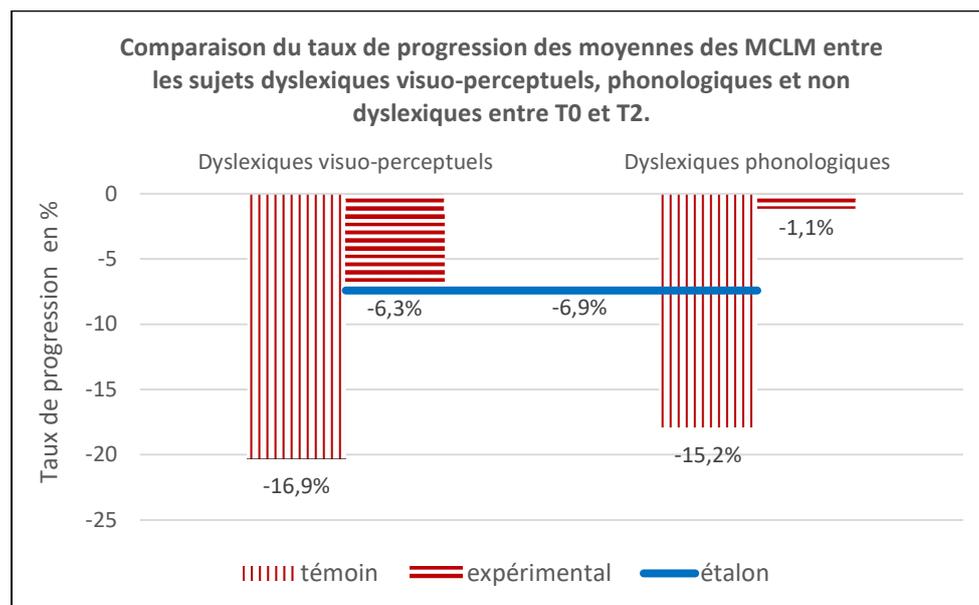
Ainsi, dans le but de comparer les sujets DysVP et les DysP des groupes témoin et expérimental, nous proposons de calculer leur moyenne de MCLM à T0 et T2 et leur taux de progression entre T0 et T2 (tableau 34).

Tableau 34 : Résultats des MCLM par types de dyslexie

Groupes	Dyslexiques visuo-perceptuels			Dyslexiques phonologiques		
	Moyenne des MCLM		Taux de progression des moyennes des MCLM entre T0 et T2 (%)	Moyenne des MCLM		Taux de progression des moyennes des MCLM entre T0 et T2 (%)
	T0	T2		T0	T2	
témoin	80,0	66,5	-16,9	79,0	67,0	-15,2
expérimental	87,5	82,0	-6,3	87,5	86,5	-1,1
étalon	117,7	109,6	-6,9	117,7	109,6	-6,9

Les données du tableau 34, nous permettent de présenter graphiquement une comparaison des résultats des taux de progression des MCLM entre les DysVP et les DysP (figure 97). Pour autant, comme pour le test de décodage, nous décidons d'introduire dans le graphique représentatif les données des résultats des enfants non dyslexiques du groupe étalon à des fins de comparaison.

Figure 97 : Taux de progression des moyennes des MCLM par types de dyslexie



Maintenant, nous analysons les résultats des sujets DysVP et des DysP des groupes témoin et expérimental.

Performances suivant le type de dyslexie – MCLM. Comme expliqué ci-dessus, les taux de progression obtenus sont négatifs du fait d'une majoration de ponctuation dans le texte n°2. Dans le GExp, nous obtenons un taux de progression des moyennes des MCLM entre T0 et T2 chez les DysP de -1,1 % contre - 6,3 % chez les DysVP. Dans le GT, chez les DysP ce taux est de -15,2 % et de -16,9 % chez les DysVP. Nous constatons que les DysP des deux groupes ont mieux évolué que les DysVP. Mais plus précisément, nous observons que les DysP du GExp ont nettement plus évolué que ceux du GT. Ainsi, les DysP qui ont participé au programme moteur montrent de meilleurs résultats que les DysP qui n'y ont pas pris part. La pratique de la coordination motrice pourrait contribuer aux progrès réalisés par les DysP.

Ensuite, nous analysons les résultats des DysP et des DysVP au sein même du groupe expérimental. Nous constatons que le taux de progression des DysP (-1,1 %) est meilleur que celui des DysVP (-6,3 %). Ainsi, à l'intérieur du GExp, les DysP ont de meilleurs résultats que les DysVP alors qu'ils ont tous participé de la même manière au programme moteur. Nous en déduisons que la pratique de la coordination motrice pourrait intervenir différemment selon le type de dyslexie. Elle améliorerait plus favorablement les dyslexiques phonologiques plutôt que les visuo-perceptuels en lecture de mots correctement lus en une minute.

Dans un deuxième temps, nous nous intéressons à présent aux résultats de la prosodie du test de fluence. Nous exposons dans le tableau 35, présenté ci-dessous, les résultats de l'évaluation subjective de l'expressivité et du phrasé à T0 et à T2.

Tableau 35 : Résultats de la prosodie au test de fluence

Groupes	Codes	Expressivité		Phrasé	
		T0	T2	T0	T2
témoin	JT1	2	2	2	2
	MQ3	2	2	3	3
	UU3	1	1	2	2
	HT2	1	1	1	1
	TL2	1	1	1	1
	SM1	1	1	1	1
expérimental	MN1	2	2	2	2
	MW3	2	3	3	3
	MD1	2	3	2	3
	MCC2	2	3	2	3
	LB2	2	3	3	4
	FD3	2	3	2	3

À partir des données du tableau 35, nous calculons la moyenne en expressivité et en phrasé pour les groupes témoin et expérimental à T0 et à T2, puis nous en déduisons leur taux de progression. Nous présentons ces résultats dans le tableau 36 relatif à l'expressivité et dans le tableau 37 concernant le phrasé.

Tableau 36 : Résultats des moyennes et des taux de progression de l'expressivité au test de fluence

Groupes	Types de dyslexie	Expressivité		Moyenne		Taux de progression des moyennes en %
		T0	T2	T0	T2	
témoin	visuo-perceptuelle	2	2	1,3	1,3	0
		2	2			
	phonologique	1	1			
		1	1			
	mixte	1	1			
		1	1			
expérimental	visuo-perceptuelle	2	2	2,0	2,8	41,7
		2	3			
		2	3			
		2	3			
	phonologique	2	3			
		2	3			
		2	3			
		2	3			

Tableau 37 : Résultats des moyennes et des taux de progression du phrasé au test de fluence

Groupes	Types de dyslexie	Phrasé		Moyenne		Taux de progression des moyennes en %
		T0	T2	T0	T2	
témoin	visuo-perceptuelle	2	2	1,7	1,7	0
		3	3			
	phonologique	2	2			
		1	1			
	mixte	1	1			
		1	1			
expérimental	visuo-perceptuelle	2	2	2,3	3,0	28,6
		3	3			
		2	3			
		2	3			
	phonologique	3	4			
		2	3			
		2	3			
		2	3			

Suite à ces résultats, nous proposons de les visualiser graphiquement. Ainsi, nous présentons deux histogrammes, l'un concernant les moyennes de l'expressivité (figure 98) et l'autre les moyennes du phrasé (figure 99) des groupes témoin et expérimental à T0 et à T2. Puis, nous exposons graphiquement leur taux de progression respectif (figures 100 et 101).

Figure 98 : Moyennes en expressivité

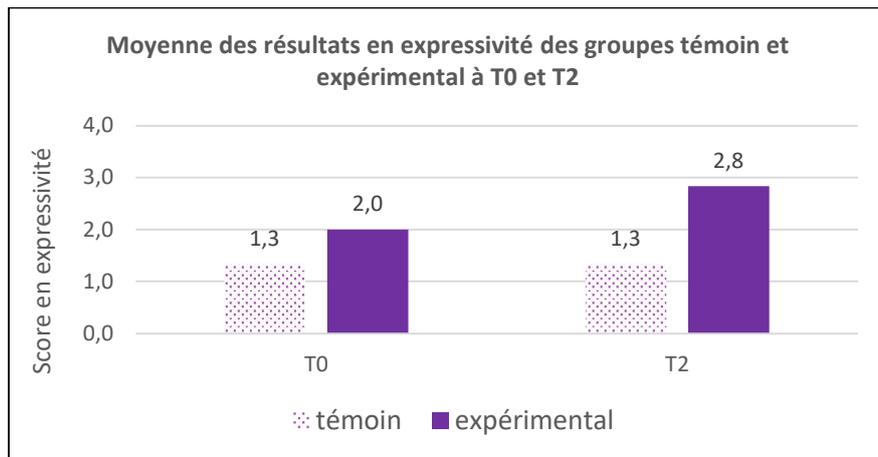


Figure 99 : Moyennes en phrasé

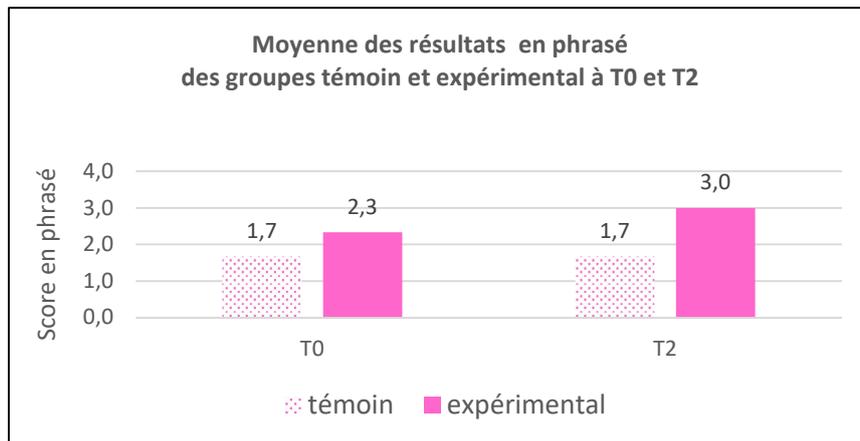


Figure 100 : Taux de progression des moyennes en expressivité

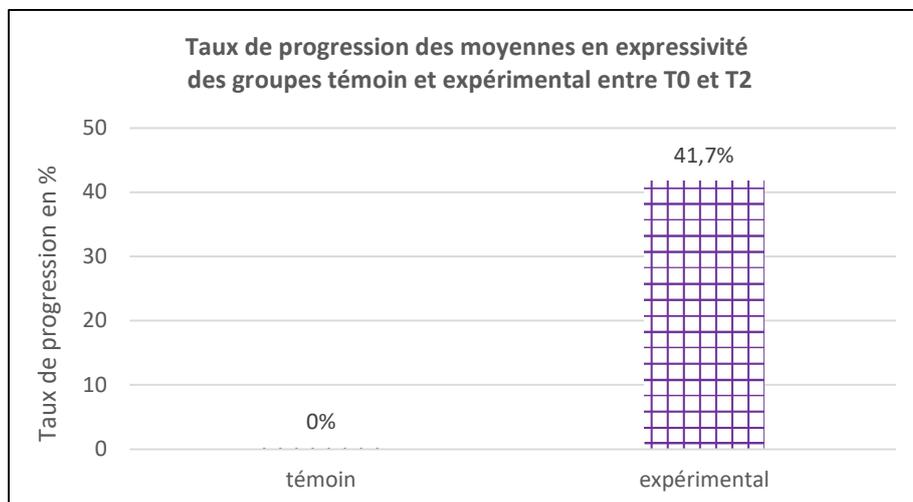
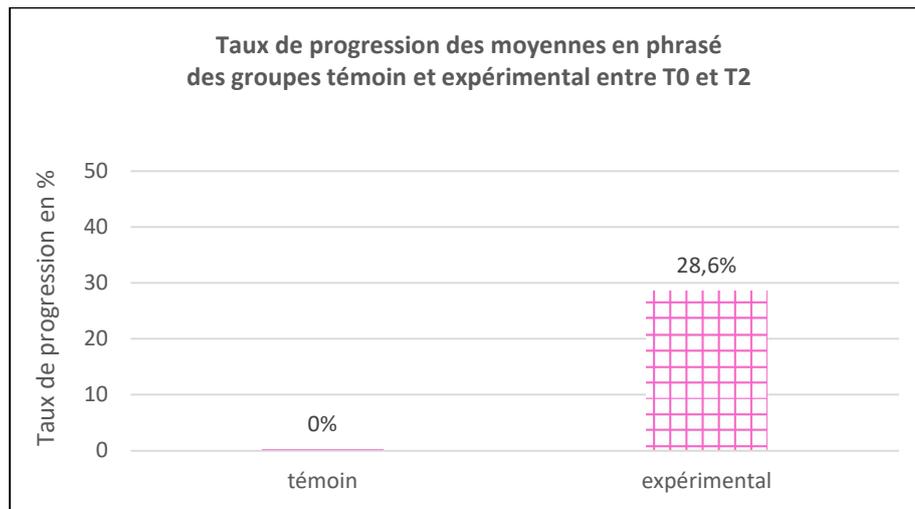


Figure 101 : Taux de progression des moyennes en phrasé



Maintenant, nous analysons les résultats des test de la prosodie qui se compose de l'expressivité et du phrasé que nous venons de décrire ci-avant.

Analyse de l'expressivité. Tout d'abord, concernant l'expressivité, nous observons un taux de progression des moyennes de 0 % pour le GT et de 41,7 % pour le GExp. De fait, nous constatons que le GExp a nettement progressé, contrairement au GT qui est resté au même niveau. Nous rappelons que l'expressivité dépend du sens et de la compréhension que le lecteur se fait du texte. Ce qui entraîne dans son interprétation de lecture des variations d'intensité, de rythme, d'intonation et une modulation de sa voix pour transmettre les émotions du récit. Cette différence significative entre le taux de progression élevé chez le GExp et nul chez le GT, montre une meilleure compréhension du texte en T2 chez les sujets ayant participé au programme moteur par rapport à ceux ne l'ayant pas suivi. La pratique de la coordination motrice semblerait contribuer à la compréhension d'un texte et par voie de conséquence à l'expressivité du lecteur. Pour autant, nous précisons que l'histoire en T2 comporte plus de ponctuation et quelques parties de dialogue qui forcément induisent le lecteur à mettre le ton adéquate. Mais cela n'explique tout de même pas cette grande différence entre le GT et le GExp. Une autre raison pourrait justifier cet écart de résultat entre les deux groupes qui serait la motivation. En effet, les enfants du GExp savaient pourquoi ils avaient réalisé les deux semaines de coordination motrice et espéraient obtenir des résultats. Donc consciemment ou inconsciemment, ils se seraient plus investis en lisant le texte n°2. Enfin, un autre facteur pourrait expliquer cet écart, ce serait l'attention dont les participants du GExp ont fait l'objet

aux yeux de la chercheuse. Cette attention particulière pourrait donner envie à ces enfants à réussir le mieux possible.

Analyse du phrasé. Ensuite, à propos du phrasé, nous remarquons un taux de progression des moyennes de 0 % pour le GT et de 28,6 % pour le GExp. De fait, nous constatons que le GExp a progressé, contrairement au GT qui est resté au même niveau. Nous rappelons que le phrasé dépend de la syntaxe et de la ponctuation du texte. Elles vont permettre le placement et la durée des pauses, mais aussi la variation d'intonation du lecteur. Nous observons à nouveau une différence entre le taux de progression du GExp qui est positif et supérieur à celui du GT. Ainsi, le groupe ayant suivi le programme moteur se réfère mieux à la syntaxe et à la ponctuation pour lire un texte que le groupe qui n'y a pas participé. La pratique de la coordination motrice pourrait avoir eu un impact sur les capacités du lecteur à discerner les relations entre les mots au sein d'une proposition, d'une phrase ou d'un texte, mais aussi sur les unités linguistiques (morphèmes, mots, groupes, propositions, phrases) qui tendraient à réaliser une lecture plus mélodieuse. De la même manière que pour l'expressivité, le texte en T2 contient plus de signes de ponctuation, cela pourrait expliquer une part de progression du phrasé pour le GExp. Mais, cela ne nous justifie pas la différence de taux entre les deux groupes et celui du GT qui est nul. Enfin, comme pour l'expressivité, peut-être que la motivation des sujets du GExp a joué un rôle dans leur engagement à lire en T2 entraînant un impact sur les résultats.

Jusqu'à présent, nous avons effectué une analyse du test de l'expressivité et du phrasé en comparant les groupes témoin et expérimental. Toujours en accord avec nos hypothèses, nous cherchons à aller plus loin afin de savoir si le type de dyslexie joue un rôle dans les résultats obtenus. Ainsi, dorénavant, nous comparons les dyslexiques visuo-perceptuels et phonologiques en expressivité et en phrasé.

Ainsi, dans le but de comparer les DysVP et les DysP des groupes témoin et expérimental, nous proposons de calculer leur moyenne en expressivité et en phrasé à T0 et T2, ainsi que leur taux de progression respectif entre T0 et T2. Nous présentons dans les tableaux 38 et 39 les résultats obtenus.

Tableau 38 : Résultats de l'expressivité par types de dyslexie

Groupes	Dyslexiques visuo-perceptuels			Dyslexiques phonologiques		
	Moyenne en expressivité		Taux de progression des moyennes en %	Moyenne en expressivité		Taux de progression des moyennes en %
	T0	T2		T0	T2	
témoïn	2,0	2,0	0,0	1,0	1,0	0,0
expérimental	2,0	2,8	37,5	2,0	3,0	50,0

Tableau 39 : Résultats du phrasé par types de dyslexie

Groupes	Dyslexiques visuo-perceptuels			Dyslexiques phonologiques		
	Moyenne du phrasé		Taux de progression des moyennes en%	Moyenne du phrasé		Taux de progression des moyennes en %
	T0	T2		T0	T2	
témoïn	2,5	2,5	0,0	1,5	1,5	0,0
expérimental	2,3	2,8	22,2	2,5	3,5	40,0

Suite aux résultats des tableaux 38 et 39, nous proposons de visualiser ces données graphiquement dans les histogrammes suivants (figures 102 et 103).

Figure 102 : Taux de progression des moyennes en expressivité par types de dyslexie

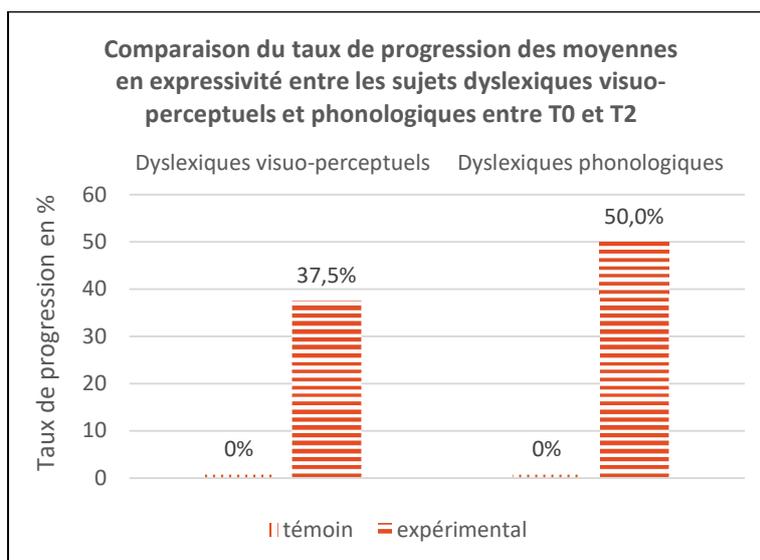
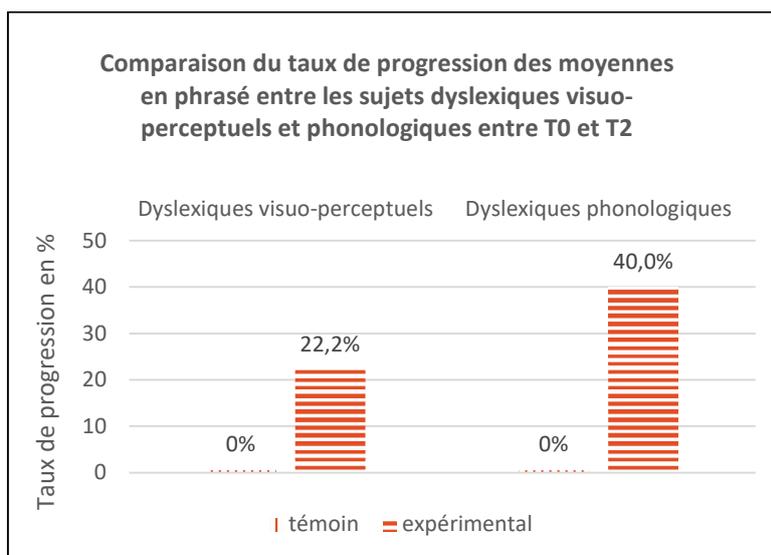


Figure 103 : Taux de progression des moyennes en phrasé par types de dyslexie



Maintenant, nous analysons les résultats des DysVP et des DysP des groupes témoin et expérimental. En premier lieu nous analysons l'expressivité et en second lieu le phrasé.

Performances suivant le type de dyslexie - expressivité. En expressivité, dans le GExp nous obtenons un taux de progression des moyennes entre T0 et T2 chez les DysP de 50 % contre 37,5 % chez les DysVP. Dans le GT, ce taux est de 0 % chez les DysP et de 0 % chez les DysVP. Nous constatons que les DysP et les DysVP du GExp ont plus évolué que ceux du GT, ces derniers étant resté au même niveau. Ainsi, il semble que la pratique de la

coordination motrice pourrait contribuer à l'amélioration de l'expressivité chez les DysVP et chez les DysP. Mais plus précisément, au sein même du GExp, nous observons que les DysP ont nettement plus évolué que les DysVP (50 % contre 37,5 %). Ainsi, les DysP qui ont participé au programme moteur montre de meilleurs résultats que les DysVP qui y ont pris part également. Nous en déduisons que la pratique de la coordination motrice pourrait intervenir différemment selon le type de dyslexie. Elle améliorerait plus favorablement les dyslexiques phonologiques plutôt que les visuo-perceptuels en expressivité de lecture.

Performances suivant le type de dyslexie - phrasé. En phrasé, dans le GExp nous obtenons un taux de progression des moyennes entre T0 et T2 chez les DysP de 40 % contre 22,2 % chez les DysVP. Dans le GT, ce taux est de 0 % chez les DysP et de 0 % chez les DysVP. Nous constatons que les DysP et les DysVP du GExp ont plus évolué que ceux du GT, ces derniers étant restés au même niveau. Ainsi, il semble que la pratique de la coordination motrice pourrait contribuer à l'amélioration du phrasé chez les DysVP et chez les DysP. Mais plus précisément, au sein même du GExp, nous observons que les DysP ont nettement plus évolué que les DysVP (40 % contre 22,2 %). Ainsi, les DysP qui ont effectué le programme moteur montre de meilleurs résultats que les DysVP qui y ont participé également. Nous en déduisons que la pratique de la coordination motrice pourrait intervenir différemment selon le type de dyslexie. Elle améliorerait plus favorablement les dyslexiques phonologiques plutôt que les visuo-perceptuels dans le phrasé du lecteur.

En synthèse de cette analyse du test de fluence, nous retenons que le GExp a progressé en vitesse de lecture. En effet, sans lissage des données, il présente une régression nettement moindre que les deux autres groupes en MCLM, et avec le lissage nous constatons une nette augmentation du taux de progression. De plus, nous précisons que ces résultats ne sont pas fonction du nombre de mots lus avec erreur, mais d'une vitesse de lecture plus importante. Outre cela, nous notons que les DysP ont de meilleurs résultats que les DysVP a sein du GExp toujours en MCLM. De plus, nous relevons que les sujets du GExp ont progressé en expressivité et en phrasé, et de manière plus prononcée en expressivité. Enfin, nous notons que les DysP ont de meilleurs résultats que les DysVP au sein du GExp en expressivité et en phrasé. Ci-dessous, nous proposons un tableau récapitulatif des analyses des résultats du groupe expérimental du test de fluence (tableau 40).

Tableau 40 : Récapitulatif des analyses des tests de fluence

Récapitulatif des analyses des tests de fluence entre T0 et T2 du groupe expérimental			
	Critères	Constats	Effets - Interprétations
Test de fluence	MCLM	Sans lissage , taux de progression en baisse (texte 2 avec plus de ponctuation) mais beaucoup moins important que le GT et le GÉ Avec lissage , taux de progression en nette augmentation	Sans lissage : régression nettement moindre que les deux autres groupes, ce qui indique une lecture plus rapide Avec lissage : augmentation de la fréquence de mots lus, lecture plus rapide
	Nombre d'erreurs effectués	Pourcentage stable	L'augmentation du nombre de MCLM ne vient pas du nombre d'erreurs. Plus de facilité à lire les mots du texte en T2 qu'en T1.
	MCLM	Taux de progression négatif moins important pour les DysP par rapport au DysVP	Evolution nettement meilleure des DysP par rapport aux DysVP
	Expressivité	Taux de progression en nette augmentation	Meilleure expressivité
		Taux de progression des DysP supérieur à celui des DyxVP	Meilleure expressivité des DysP par rapport aux DysVP
	Phrasé	Taux de progression en augmentation	Meilleure phrasé
		Taux de progression des DysP supérieur à celui des DyxVP	Meilleure phrasé des DysP par rapport aux DysVP

Dans cette rubrique, nous avons décrit et analysé les résultats obtenus par les participants lors du test de fluence dans sa totalité, c'est à dire en MCLM et en prosodie. Dans la rubrique qui suit, nous continuons de dévoiler et d'analyser les résultats en développant ceux en relation avec la compréhension de lecture.

6.2.2.3 La description et l'analyse du test de compréhension.

Dans cette nouvelle rubrique, nous décrivons les résultats du test de compréhension. Ainsi, nous présentons les réponses des participants au questionnaire des textes de lecture « Les deux bossus » et « Au bord du fleuve » correspondant à T0 et à T2. Nous rappelons que les enfants ont répondu à seize questions à choix multiples. Leurs réponses ont été catégorisées soit « Vrai », « Partiellement Vrai », « Partiellement Faux » soit « Faux ».

Tout d'abord, nous révélons l'ensemble des réponses de chaque participant des différents groupes à T0 et à T2. Nous les détaillons dans le tableau 41 ci-après.

Tableau 41 : Résultats du test de compréhension

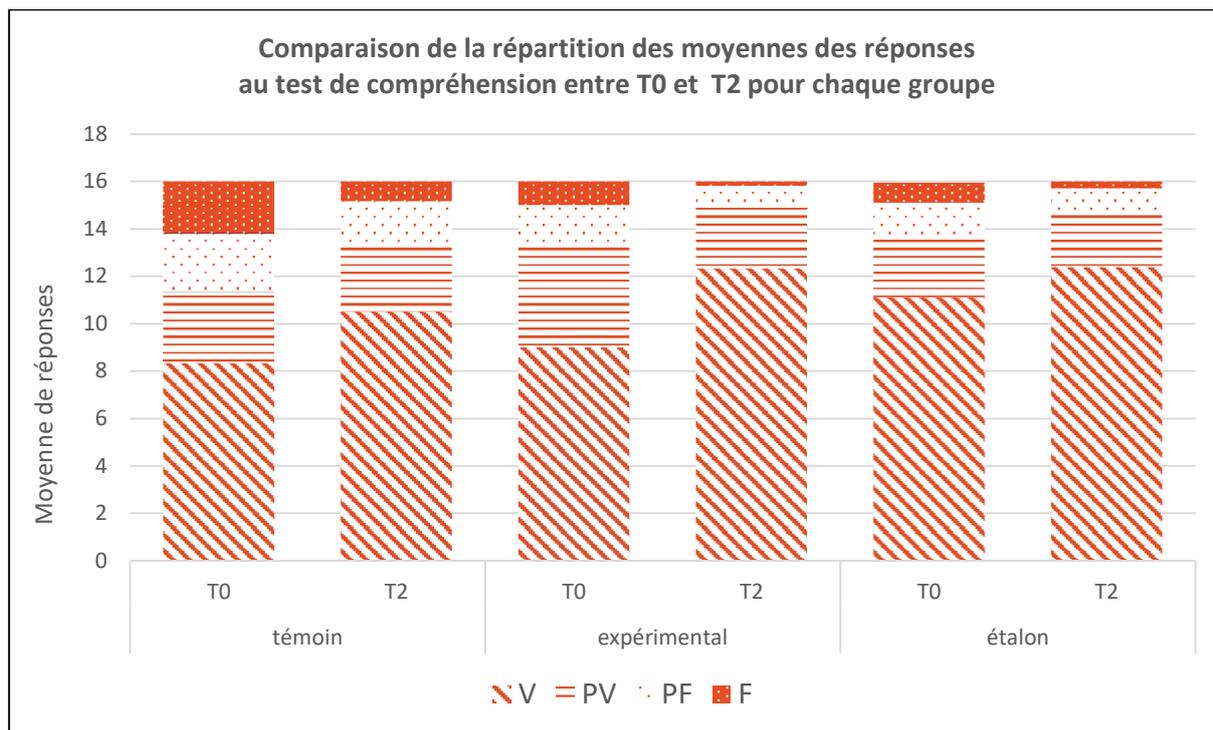
Groupes	Codes	V		PV		PF		F	
		T0	T2	T0	T2	T0	T2	T0	T2
témoin	JT1	10	12	5	3	1	1	0	0
	MQ3	7	8	4	5	2	2	3	1
	UU3	4	10	6	2	3	3	3	1
	HT2	12	12	2	4	1	0	1	0
	TL2	6	10	1	2	6	2	3	2
	SM1	11	11	0	1	2	3	3	1
expérimental	MN1	9	11	6	4	1	1	0	0
	MW3	8	11	2	2	4	2	2	1
	MD1	9	13	6	3	0	0	1	0
	MCC2	6	10	5	5	4	1	1	0
	LB2	12	13	2	2	1	1	1	0
	FD3	10	16	5	0	0	0	1	0
étalon		11	12	2	2	2	2	1	0
		10	11	4	3	1	2	1	0
		7	8	2	3	3	3	4	2
		9	11	3	4	3	1	1	0
		11	13	2	3	2	0	1	0
		11	12	2	2	2	1	1	1
		10	10	2	3	0	1	4	2
		10	12	3	3	2	1	1	0
		11	11	2	3	2	2	1	0
		10	11	5	3	1	2	0	0
		10	11	3	4	3	1	0	0
		13	14	2	2	1	0	0	0
		10	13	3	2	2	1	1	0
		13	15	2	1	1	0	0	0
		14	15	1	1	1	0	0	0
		13	14	2	2	1	0	0	0
		14	15	1	0	1	1	0	0
		13	15	3	1	0	0	0	0

Ensuite, nous décidons de calculer les moyennes de chaque groupe à T0 et à T2 par type de réponse (V, PV, PF, F). Nous présentons les données obtenues dans tableau 42, puis afin de mieux nous rendre compte des résultats nous visualisons leur répartition à l'aide d'un histogramme (figure 104).

Tableau 42 : Résultats des moyennes par types de réponse au test de compréhension

Groupes	Temps	Moyennes des types de réponse			
		V	PV	PF	F
témoin	T0	8,3	3,0	2,5	2,2
	T2	10,5	2,8	1,8	0,8
expérimental	T0	9,0	4,3	1,7	1,0
	T2	12,3	2,7	0,8	0,2
étalon	T0	11,1	2,4	1,6	0,8
	T2	12,4	2,3	1,0	0,3

Figure 104 : Moyennes des types de réponses au test de compréhension



Nous étudions l'évolution des bonnes réponses entre les groupes, ainsi nous nous intéressons aux réponses « Vrai ». Nous retenons leur moyenne et nous calculons leur taux de progression (tableau 43). Ceci nous permet d'effectuer des comparaisons entre les groupes. Nous proposons deux graphiques, le premier présente une comparaison des moyennes des réponses « Vrai » pour chaque groupe entre T0 et T2 (figure 105), et un deuxième qui met en évidence leur taux de progression (figure 106).

Tableau 43 : Résultats des réponses « Vrai » au test de compréhension

Groupes	Moyenne de réponses "Vrai"		Taux de progression des moyennes en %
	T0	T2	
témoin	8,3	10,5	26
expérimental	9	12,3	37
étalon	11,1	12,4	11,5

Figure 105 : Moyennes des réponses « Vrai »

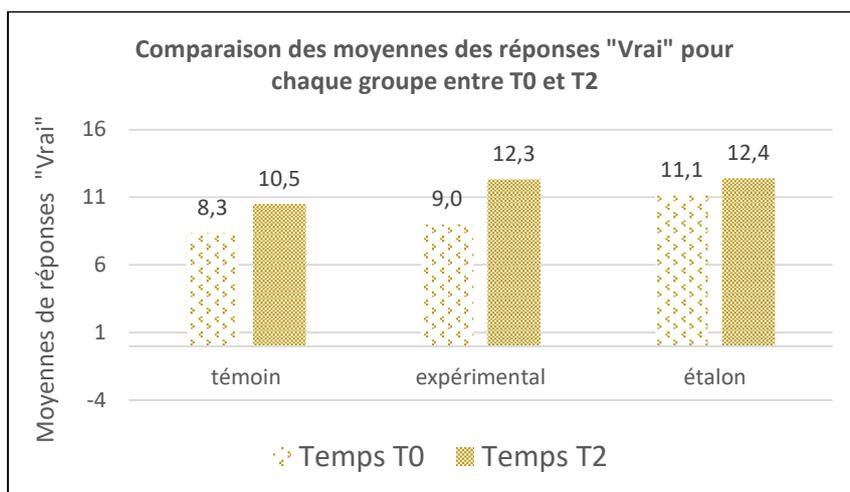
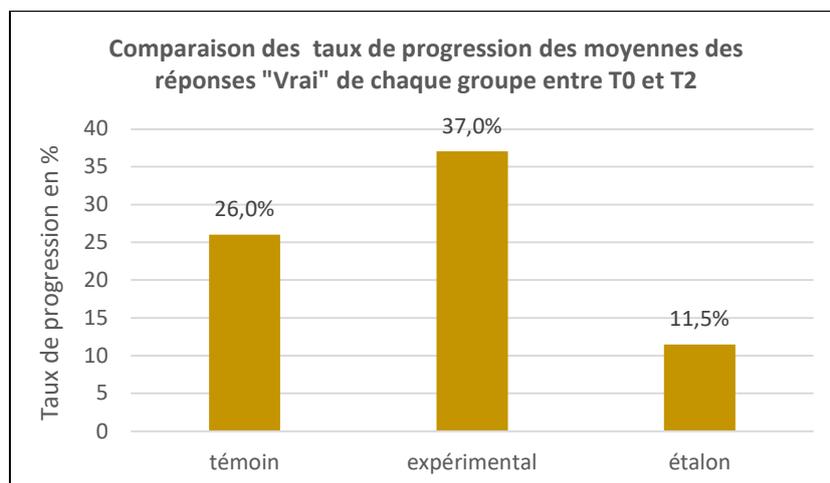


Figure 106 : Taux de progression des moyennes des réponses « Vrai »



À présent, nous analysons les réponses « Vrai » sur les seize questions posées à choix multiples.

Réponses « Vrai ». Nous constatons que le GExp a progressé, et ce plus que les deux autres. En effet, le taux de progression des moyennes des réponses « Vrai » du GExp s'élève à 37 % alors qu'il est de 26 % pour le GT et de 11,5 % pour le GÉ. Ainsi, la compréhension d'un texte semble plus accessible aux sujets qui ont participé au programme moteur. La coordination motrice pourrait favoriser la compréhension du lecteur.

Par ailleurs, le fait que les trois groupes aient progressé, nous laisse à penser que le texte en T2 était peut-être plus facile à comprendre, même si je le rappelle, il était du même niveau scolaire que celui proposé en T0.

Maintenant, nous analysons toutes les réponses des seize questions à choix multiples.

Réponses « Vrai », « Partiellement Vrai », « Partiellement Faux », « Faux ». Si nous nous centrons sur les quatre types de réponses (V, PV, PF, F), nous remarquons à l'aide du tableau 42 que la moyenne des réponses « Vrai » en T2 est pratiquement la même entre le GExp (12,3 %) et le GÉ (12,4 %). Mais aussi que les moyennes des réponses « Partiellement Vrai » sont supérieures pour le GExp (2,7 %) par rapport au GÉ (2,3 %). Et que les moyennes des réponses « Partiellement Faux » se tiennent (respectivement 0,8 % et 1 %) comme pour les moyennes des réponses « Faux » (respectivement 0,2 % et 0 %) entre ces deux groupes. Par conséquent, les dyslexiques du GExp ont aussi bien compris le texte n°2 que les non dyslexiques. La pratique de la coordination motrice semblerait avoir des conséquences positives sur l'évolution de la compréhension de lecture d'un texte chez les sujets dyslexiques.

Maintenant, toujours en accord avec nos hypothèses, nous cherchons à approfondir notre recherche afin de savoir si la coordination motrice jouerait un rôle différent selon le type de dyslexie dans le domaine de la compréhension de lecture. Ainsi, dorénavant, nous comparons les résultats catégorisés « vrai » chez les dyslexiques phonologiques et les visuo-perceptuels.

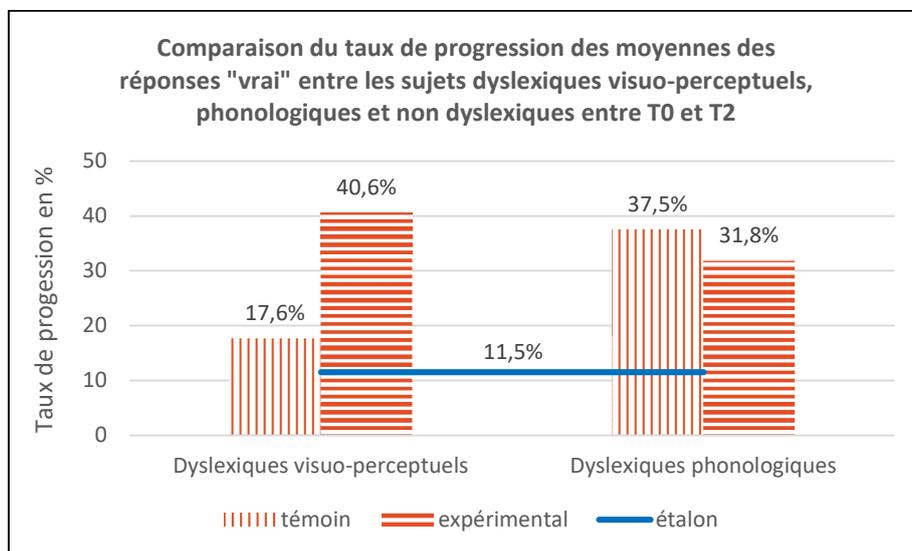
Pour ce faire nous calculons les moyennes des réponses « Vrai » des dyslexiques visuo-perceptuels au sein même du GT et du GExp à T0 et à T2, puis nous faisons de même pour les dyslexiques phonologiques. Ensuite, nous calculons le taux de progression pour ces deux groupes et par types de dyslexie. A des fins de comparaison, nous faisons apparaître les résultats des non dyslexiques du GÉ. Nous présentons les données obtenus dans le tableau 44.

Tableau 44 : Résultats des réponses « Vrai » par types de dyslexie

Groupes	Dyslexiques visuo-perceptuels			Dyslexiques phonologiques		
	Moyenne des réponses "vrai"		Taux de progression des moyennes en %	Moyenne des réponses "vrai"		Taux de progression des moyennes en %
	T0	T2		T0	T2	
témoïn	8,5	10,0	17,6	8,0	11,0	37,5
expérimental	8,0	11,3	40,6	11,0	14,5	31,8
étalon	11,1	12,4	11,5	11,1	12,4	11,5

Afin de visualiser graphiquement les résultats des taux de progression présentés dans le tableau 44, nous exposons l'histogramme suivant (figure 107).

Figure 107 : Taux de progression des moyennes des réponses « Vrai » par types de dyslexie



Maintenant nous analysons les résultats des réponses « Vrai » chez les DysVP et DysP des groupes témoin et expérimental.

Performances suivant le type de dyslexie – réponses « Vrai ». Dans l'histogramme ci-dessus, nous constatons que dans le GExp le taux de progression des moyennes des réponses « vrai » entre T0 et T2 est de 40,6 % chez les DysVP contre 31,8 % chez les DysP. Dans le GT, ce taux est de 17,6 % chez les DysVP et de 37,5 % chez les DysP. Nous constatons que les DysVP du GExp ont plus progressé que ceux du GT, contrairement au DysP qui ont plus évolué dans le GT plutôt que dans le GExp. Ainsi, il semblerait que la pratique de la coordination motrice contribuerait à mieux comprendre un texte et de manière plus prononcée chez les DysVP que chez les DysP.

En poursuivant notre analyse, nous allons tenter de confirmer ce que nous avançons ci-dessus en comparant les résultats des DysVP et des DysP au sein même du GExp. Ainsi, nous observons que les DysVP obtiennent un taux de progression de 40,6 % contre 31,8 % pour les DysP. Les DysVP ont donc plus progressé que les DysP. Ainsi, il semblerait que la pratique de la coordination motrice permettrait de progresser en compréhension de lecture tous types de dyslexie confondus mais à un degré différent selon la forme de dyslexie. En effet, elle

améliorerait plus favorablement les dyslexiques visuo-perceptuels plutôt que les phonologiques.

Enfin, nous proposons un tableau récapitulatif des analyses des résultats du groupe expérimental du test de compréhension (tableau 45).

Tableau 45 : Récapitulatif des analyses du test de compréhension

Récapitulatif des analyses du test de compréhension entre T0 et T2 du groupe expérimental			
	Critères	Constats	Effets - Interprétations
Test de compréhension	Réponses vraies	Taux de progression en nette augmentation	Meilleure compréhension du texte
		Taux de progression des DysVP supérieur à celui des DysP	Meilleure compréhension du texte par les DysVP plutôt que par les DysP

Dans cette rubrique nous avons décrit et analysé les résultats du test de compréhension en nous centrant majoritairement aux réponses « Vrai » des participants. Elle clôt cette section qui a présenté la description et l'analyse des tests de coordination motrice et de lecture. Afin de synthétiser toutes nos analyses, nous proposons un tableau récapitulatif dans la section suivante.

Dans cette section 6.2, dans une première rubrique nous avons décrit et analysé les résultats des tests de coordination motrice, puis dans une seconde rubrique nous avons fait de même pour les différents tests de lecture. Afin de synthétiser tous nos résultats, nous proposons dans la section suivante un tableau récapitulatif.

6.3 Synthèse des analyses des tests de coordination motrice et de lecture

Nous présentons dans le tableau 46 une synthèse des analyses des tests de coordination motrice et de lecture. Nous inscrivons en gras ce qui tend à confirmer nos hypothèses et ce qui est en écriture normale ce qui l'infirme.

Ces analyses vont nous permettre de mettre en relief des informations pertinentes qui nous serviront pour la discussion qui va suivre.

Tableau 46 : Synthèse des résultats des analyses des tests de coordination motrice et de lecture

Récapitulatif des analyses des tests de coordination motrice et de lecture entre T0 et T2 du <u>GROUPE EXPÉRIMENTAL</u>				
	Critères		Constats	Effets - Interprétations
Test de coordination motrice	Les six exercices	évaluation objective	Taux de progression en nette augmentation	Augmentation importante du niveau de coordination motrice
		évaluation subjective	Taux de progression en nette augmentation	Augmentation importante du niveau de coordination motrice en PFS
Test de décodage	Liste de mots irréguliers	Lecture des mots	Taux de progression en nette augmentation	Augmentation importante du nombre de mots irréguliers lus sans erreur
			Taux de progression des DysVP nettement supérieur à celui des DysP	Plus de mots irréguliers lus par les DysVP que par les DysP
		Temps effectué	Taux de progression en baisse	Régression de la vitesse de lecture
	Liste de mots réguliers	Lecture des mots	Taux de progression en baisse	Diminution du nombre de mots réguliers lus sans erreur
			Taux de progression stable des DysP et négatif des DysVP	Plus de mots réguliers lus par les DysP que par les DysVP
		Temps effectué	Taux de progression en baisse	Régression de la vitesse de lecture
	Liste de pseudo-mots	Lecture des mots	Taux de progression faiblement en augmentation, non significatif	Faible augmentation du nombre de pseudo-mots lus sans erreur
			Taux de progression des DysVP très faiblement supérieur à celui des DysP	Très légèrement plus de pseudo-mots lus par les DysVP que par les DysP
		Temps effectué	Taux de progression en baisse	Régression de la vitesse de lecture
Test de fluence	MCLM		Sans lissage , taux de progression en baisse (texte 2 avec plus de ponctuation) mais beaucoup moins important que le GT et le GÉ Avec lissage , taux de progression en nette augmentation	Sans lissage : régression nettement moindre que les deux autres groupes, ce qui indique une lecture plus rapide Avec lissage : augmentation de la fréquence de mots lus, lecture plus rapide
	Nombre d'erreurs effectués		Pourcentage stable	L'augmentation du nombre de MCLM ne vient pas du nombre d'erreurs. Plus de facilité à lire les mots du texte en T2 qu'en T1.
	MCLM		Taux de progression négatif moins important pour les DysP par rapport au DysVP	Evolution nettement meilleure des DysP par rapport aux DysVP
	Expressivité		Taux de progression en nette augmentation	Meilleure expressivité
			Taux de progression des DysP supérieur à celui des DyxVP	Meilleure expressivité des DysP par rapport aux DysVP
	Phrasé		Taux de progression en augmentation	Meilleure phrasé
		Taux de progression des DysP supérieur à celui des DyxVP	Meilleure phrasé des DysP par rapport aux DysVP	
Test de compréhension	Réponses vraies		Taux de progression en nette augmentation	Meilleure compréhension du texte
			Taux de progression des DysVP supérieur à celui des DysP	Meilleure compréhension du texte par les DysVP plutôt que par les DysP

CHAPITRE 7 : DISCUSSION

Dans ce dernier chapitre, nous abordons des points de discussion. Tout d'abord, nous faisons le choix de présenter une première section, qui est une entrée en matière de notre discussion puisqu'elle traite de l'activité physique en général et des modifications que celle-ci peut provoquer dans le corps. Puis, dans une deuxième section, nous engageons véritablement la discussion au regard de nos résultats et de l'activité coordination motrice. Nous y faisons dialoguer nos résultats avec des études d'autres auteurs afin de dévoiler des concordances, des discordances ou des complémentarités. Cela nous permettra de répondre encore plus finement à notre question de recherche qui nous le rappelons est la suivante : « Quelles places pour la coordination motrice dans l'évolution de la lecture chez les enfants dyslexiques en école élémentaire ? ». Ensuite, dans une troisième section, nous réalisons une critique méthodologique de notre protocole. Puis, dans une quatrième section, nous présentons les forces et les limites de notre étude. Enfin, dans la dernière section, nous abordons ses possibles retombées et son futur éventuel.

7.1 Préambule

De manière générale, la pratique d'une activité physique entraîne des changements dans notre corps. Notamment des modifications structurelles dans notre cerveau qui permettent au sujet sportif d'améliorer ses fonctions cognitives (Dupuy, 2021) et ce, peu importe le type d'activité (Angevaren et al., 2008; Berryman et al., 2014) : aérobie (Stern et al., 2019), force musculaire (Liu-Ambrose et al., 2010; Landrigan et al., 2020), habileté motrice (Chang et al., 2013; Burdack & Schöllhorn, 2022). En effet, il a été montré qu'après un programme d'activité physique, le volume cérébral de l'individu augmente, matière grise et matière blanche confondues (Colcombe et al., 2003, 2006). Ceci implique notamment que les personnes sportives produisent plus de neurones que les personnes inactives (Dupuy, 2021) ; en effet, le sport et les activités physiques favorisent la neurogénèse. De même, chez les sujets pratiquant régulièrement des activités physiques et sportives la production de synapses est plus importante favorisant la synaptogénèse. *À contrario* une inactivité physique d'une dizaine d'années entraîne une atrophie cérébrale progressive et notamment au niveau du lobe frontal (Yuki et al., 2012), région qui est le siège des fonctions cognitives tels que l'attention, la mémoire de travail, le langage, les praxies, les fonctions exécutives, la vitesse de traitement de l'information et de

la cognition sociale (Thiebaut de Schotten et al., 2017; Cellard et al., 2022). Plus finement, d'autres chercheurs suggèrent que l'activité physique entraîne une meilleure densité d'intégrité de la matière blanche ce qui contribue aussi à l'amélioration des fonctions cognitives (Johnson et al., 2012).

Par ailleurs, la pratique sportive entraîne d'autres modifications structurelles cérébrales. Nous sommes au fait que notre cerveau a besoin d'oxygène et de nutriments pour optimiser son fonctionnement. Ceux-ci sont véhiculés par le sang. Or, les neurones, cellules nerveuses qui permettent la transmission des informations, et par voie de conséquence la réalisation des différentes fonctions cognitives, sont en contact avec les capillaires sanguins. Or, la pratique physique entraîne des modifications de ces derniers. En effet, premièrement, elle engendre une angiogenèse qui correspond à une augmentation du nombre de vaisseaux sanguins dans le cerveau, et deuxièmement, elle parfait leur forme pour la rendre de meilleure qualité, c'est-à-dire avec le moins de tortuosité possible (Bullitt et al., 2009). De plus, leur paroi est plus souple ce qui amène une meilleure compliance, permettant une meilleure distensibilité des vaisseaux et facilitant la pression sanguine. En 2015, des chercheurs ont montré un lien entre la qualité des vaisseaux sanguins et les performances cognitives : meilleurs sont la qualité des vaisseaux sanguins meilleures sont les performances cognitives (Gauthier et al.). De surcroît, il a été également prouvé qu'après un programme d'activités sportives le débit sanguin cérébral est amélioré (Murrell et al., 2013) ; ceci favorise les échanges gazeux et nutritionnels à des fins d'optimisation des fonctions des neurones. Enfin, d'autres études affirment que l'oxygénation cérébrale est plus conséquente chez une personne pratiquant une activité physique plutôt que chez un individu sédentaire (Albinet et al., 2014). Or, une meilleure oxygénation du cortex préfrontal améliore les fonctions cognitives, notamment les fonctions exécutives (Dupuy et al., 2015; Goenarjo et al., 2020). Pour terminer, des travaux de recherche ont établi une relation entre l'activité physique et la mémorisation par l'intermédiaire d'une modification du volume l'hippocampe aussi bien chez les personnes âgées (Erickson et al., 2009, 2011) que chez les enfants (Chaddock et al., 2010). En effet, la matière grise de ce dernier est plus importante après un programme d'entraînement permettant une meilleure mémorisation notamment spatiale (Szabo et al., 2011).

Ainsi, nous constatons que l'activité physique en général engendre de multiples modifications dans notre corps et notamment au niveau encéphalique. Ces changements modifient sa structure et son fonctionnement ce qui entraîne une amélioration des fonctions cognitives. D'ailleurs, plus précisément une étude a montré que la forme aérobie de jeunes de

neuf à douze ans améliore leurs performances scolaires en lecture et en mathématiques, peu importe leur masse corporelle (Rauner et al., 2013). D'autres travaux de recherche convergent vers cette même idée que la condition physique est corrélée avec la réussite scolaire en mathématiques et en lecture (Castelli et al., 2007; Eveland-Sayers et al., 2009). Ayant montré que les recherches convergent pour établir un lien entre les activités physiques et les modifications cérébrales, modifications entraînant des améliorations des fonctions cognitives, nous allons à présent étudier précisément l'effet de la coordination motrice sur les fonctions cognitives via nos résultats obtenus pour chaque test de lecture.

7.2 Discussion des résultats

Dans cette section, nous cherchons à faire dialoguer les résultats de chaque test de lecture avec des études qui ont sollicité de la coordination motrice et dont des modifications physiologique, cognitive ou encore encéphalique structurelle et fonctionnelle ont pu être observées. Modifications que nous considérons utiles, nécessaires à la lecture.

De fait, dans les sept rubriques suivantes, tout d'abord nous procédons pour chaque test de lecture à un rappel des résultats obtenus, puis nous cherchons la ou les raisons possibles de ce résultat, que nous croisons ensuite avec d'autres études qui ont usité également de la coordination motrice.

7.2.1 Le décodage des mots irréguliers

Le premier objectif de cette thèse était d'évaluer les participants dans la compétence de décodage de mots irréguliers. Nos résultats suggèrent que la pratique de la coordination motrice améliorerait la lecture de mots irréguliers chez les enfants dyslexiques. En effet, nous avons constaté que notre GExp a nettement progressé en lecture de mots irréguliers, il obtient un taux de progression de 20,6 %. Nous rappelons que ce type de mots se lit sans faire appel à la conversion des graphèmes en phonèmes mais de manière globale en allant chercher le mot en entier dans le calepin visuo-spatial. En effet, le mot est considéré comme une unité orthographique, il est stocké comme une image dans la mémoire du lecteur.

Cette augmentation importante du nombre de mots irréguliers lus sans erreur montre que les participants du GExp sont parvenus à solliciter plus facilement leurs mémoires visuelle et eidétique pour atteindre leur « boîte aux lettres du cerveau ». Il pourrait donc y avoir eu un

transfert des compétences acquises lors de la pratique de la coordination motrice vers le domaine de la lecture. Notre programme moteur pourrait avoir développé les mémoires visuelle et eidétique des participants du GExp.

Aussi, notre programme moteur pourrait avoir facilité la reconnaissance visuelle de la forme des mots. Nos résultats rejoignent cinq travaux de recherche que nous citons ci-après :

Premièrement, la facilitation de la reconnaissance visuelle de la forme des mots pourrait trouver son origine grâce à un meilleur rendement rétinien ou une meilleure efficacité rétinienne. En effet, une équipe de chercheurs a montré qu'un programme composé de coordination motrice et d'exercices de type aérobie provoquait un élargissement du diamètre des artères de la rétine entraînant ainsi un plus grand apport sanguin, et donc nutritionnel, dont l'œil a besoin pour fonctionner efficacement (Ludyga et al., 2019). Néanmoins, nous précisons qu'il existe une limite de comparaison entre notre étude, qui est composée d'enfants dyslexiques de 8 à 11 ans, et celle de l'équipe de Ludyga qui s'est effectuée auprès adolescents non dyslexiques.

Deuxièmement, en poursuivant le parcours des informations visuelles, une autre étude a révélé que le système magnocellulaire visuel peut être amélioré grâce à des exercices de jonglerie (Qian et Bi, 2015). Cette étude a été réalisée avec des enfants dyslexiques et a montré que la formation magnocellulaire grâce au jonglage est en lien avec une amélioration de la reconnaissance visuelle des mots. Toutefois, il existe une limite de comparaison, certes minime mais existante, entre cette étude qui a sollicité uniquement des droitiers et la nôtre où il y avait la présence de deux gauchers au sein des douze participants.

Troisièmement, cette facilitation de reconnaître visuellement les mots pourrait provenir d'un perfectionnement de la Visual Word Form Area (VWFA), c'est à dire de l'aire visuelle de la forme des mots située au niveau du cortex temporo-occipital inférieur gauche, zone nommée gyrus fusiforme. En effet, une étude a montré que l'entraînement au diabolo, instrument de jonglage qui sollicite la coordination motrice, engendre une modification structurelle du gyrus fusiforme gauche (Chou et al., 2022). Cette pratique du diabolo engendre une augmentation du volume de matière grise de ce gyrus fusiforme laissant apparaître une épaisseur corticale plus importante. Les chercheurs estiment que cette augmentation serait due soit à l'augmentation de la taille des cellules, à la genèse de cellules neurales ou gliales, soit à des modifications de flux sanguins. Cependant, cette mise en dialogue, entre notre étude et celle de l'équipe de Chou, rencontre des limites de comparaison. En effet, leur échantillon se compose de jeunes hommes

de vingt à vingt-cinq ans non dyslexiques, de type asiatique et tous droitiers, alors que la nôtre est constituée de jeunes dyslexiques âgés de huit à onze ans, de type européen avec la présence de deux gauchers.

Quatrièmement, cette meilleure reconnaissance visuelle des mots pourrait trouver son origine dans l'amélioration en discrimination perceptive visuelle, c'est-à-dire que le lecteur percevrait mieux le contour précis des lettres et des mots entiers. En effet, des chercheurs ont montré que la pratique d'exercices de coordination motrice améliore la discrimination perceptive (Chou et al., 2022). Elle agirait de manière bénéfique visuellement mais également auditivement. Pour autant, nous précisons que cette étude a été réalisée avec des enfants non dyslexiques contrairement à la nôtre.

Cinquièmement, cette reconnaissance visuelle plus juste de la forme des mots pourrait provenir d'une amélioration d'ordre visuelle et spatiale. En effet, des auteurs affirment que le suivi d'un programme d'entraînement aux capacités de coordination motrice améliore la perception visuo-spatiale (Latino et al., 2021). Néanmoins, cette étude présente une limite de comparaison avec la nôtre, notamment au niveau de la durée du protocole, mais aussi par rapport à l'âge des participants non dyslexiques. En effet, l'équipe de Latino a mis en place un programme d'entraînement qui s'est déroulé sur douze semaines à raison de quarante minutes deux fois par semaine auprès d'adolescents de quatorze à quinze ans non dyslexiques, alors que le nôtre a duré deux semaines à raison de deux heures par jour avec des enfants plus jeunes et dyslexiques.

De plus, cette constatation d'être plus performant en lecture de mots irréguliers, laisse à supposer un meilleur transfert des informations au travers du faisceau de communication occipito-frontal. En effet, ce dernier est usité en lecture par voie directe, comme dans notre cas de liste de mots irréguliers. Par contre, comme nous n'avons pas observé une vitesse de lecture plus rapide, nous pensons que les informations transmises sont de meilleure qualité sans bonification de la vitesse de transmission. Ainsi, la pratique du programme moteur faciliterait la circulation des informations au sein du faisceau occipito-frontal mais pas leur vitesse de déplacement.

Enfin, nos résultats semblent indiquer que la pratique de la coordination motrice pourrait agir plus favorablement chez les DysVP que chez les DysP en lecture de mots irréguliers. En effet, les DysVP ont nettement plus progressé pour lire ce type de mots que les DysP. Respectivement, leur taux de progression est de 40 % contre -7,1 %. Or, comme nous l'avons

vu dans la rubrique 2.2.2, ce sont les DysVP qui ne parviennent pas à accéder au calepin visuo-spatial et à reconnaître l'image globale d'un mot. Ainsi, notre programme moteur pourrait avoir désinhiber les mémoires visuelle et eidétique ainsi que les éléments servant à la reconnaissance visuelle, plus favorablement chez les DysVP. Malgré nos recherches, nous n'avons pas trouvé d'études avec une distinction entre les DysVP et les DysP, ni dans le domaine des activités physiques en général ni avec des exercices de coordination motrice. De fait, nous n'avons pas la possibilité de mettre en dialogue nos résultats des différents profils de dyslexiques avec ceux d'autres chercheurs.

7.2.2 Le décodage des mots réguliers

Le deuxième objectif de cette thèse était d'évaluer les participants dans la compétence de décodage de mots réguliers. Nos résultats suggèrent que la pratique de la coordination motrice n'améliorerait pas la lecture de mots réguliers ni en nombre de mots lus ni en vitesse de lecture chez les enfants dyslexiques. En effet, nous avons observé que l'ensemble du GExp a régressé dans ces deux tâches. Le taux de progression en lecture de mots réguliers est - 4 % et la vitesse de lecture a régressé de 43 %. De plus, nous constatons qu'à l'intérieur du GExp, les DysVP ont régressé puisque leur taux de progression est de -6,3 %, contrairement aux DysP dont les résultats sont restés stables entraînant un taux de progression nul. Nous rappelons que les mots réguliers se lisent en faisant appel à la conversion des graphèmes en phonèmes et que les DysVP sont ceux qui utilisent constamment et uniquement ces correspondances grapho-phonémiques puisqu'ils ne savent pas accéder leur calepin visuo-spatial. De fait, cela nous laisse à penser que la pratique de la coordination motrice ne permettrait ni de perfectionner les conversions de graphèmes en phonèmes chez des DysVP, ni de les formater chez les DysP pour la lecture de mots réguliers. Malheureusement, nous n'avons pas trouvé de travaux de recherche distinguant les DysVP et les DysP, ce qui nous empêche de faire converser nos résultats avec ceux d'autres auteurs.

7.2.3 Le décodage des pseudo-mots

Le troisième objectif de cette thèse était d'évaluer les participants dans la compétence de décodage de pseudo-mots. Nous rappelons que la lecture de pseudo-mots fait intervenir uniquement le processus de conversion des graphèmes en phonèmes, et de manière encore plus profonde que pour la lecture de mots réguliers car le lecteur ne peut pas s'aider de la

compréhension du mot puisque celui-ci n'a pas de sens. Nos résultats semblent indiquer que la pratique de la coordination motrice n'améliorerait pas la lecture de pseudo-mots ni en nombre de mots lus ni en vitesse de lecture chez les enfants dyslexiques. En effet, dans l'ensemble du GExp nous avons observé une très légère augmentation du nombre de pseudo-mots lus mais qui ne peut pas être considérée comme significative, ainsi qu'un temps de lecture plus important. Le taux de progression en lecture de pseudo-mots s'élève à 2,2 % et la vitesse de lecture a régressé de 12,5 %. De plus, nous constatons qu'à l'intérieur du GExp, les DysVP ont un taux de progression de 3,6 % qui est très légèrement supérieur à celui des DysP dont les résultats sont stables entraînant un taux de progression nul. À nouveau, cette différence n'est pas significative, ainsi nous ne pouvons pas affirmer que la pratique de la coordination motrice favoriserait plus favorablement les DysVP plutôt que les DysP pour la lecture de pseudo-mots. Pour conclure, nous pouvons en déduire que la coordination motrice ne semblerait pas avoir d'impact sur les capacités des conversions graphophonémiques des dyslexiques. Malgré nos recherches, nous ne pouvons pas faire dialoguer nos résultats avec d'autres chercheurs puisque nous n'avons pas trouvé d'études faisant la distinction entre DysVP et DysP.

7.2.4 La fluence en nombre de mots correctement lus en une minute

Le quatrième objectif de cette thèse était d'évaluer les participants dans la compétence de fluence en nombre de mots correctement lus à la minute (MCLM). Nos résultats suggèrent que la pratique de la coordination motrice pourrait avoir un impact sur la vitesse de lecture de phrases dans un texte chez les enfants dyslexiques. En effet, après un lissage des données, nous avons observé que le GExp a nettement progressé par rapport au GT, affichant un taux de progression de 2,5 % contre -9,2 %. Cette amélioration de la vitesse de lecture pour le GExp montre une augmentation de la fréquence de mots lus. Il pourrait donc y avoir eu un transfert des compétences acquises lors de la pratique de la coordination motrice vers le domaine de la lecture.

Ainsi, en premier lieu, cette accélération de vitesse de lecture pourrait trouver son origine grâce à un traitement plus rapide des informations. Ceci concorde avec deux travaux de recherche que nous développons ci-après. En effet, des chercheurs ont montré que le suivi d'un programme d'exercices de coordination motrice permet d'obtenir un temps de réaction plus court sur des tests d'inhibition, sollicitant les fonctions exécutives, dû à un traitement de l'information plus rapide (Chang et al., 2013). Pour autant, cette mise en dialogue entre l'étude

de l'équipe de Chang et la nôtre a ses limites car la première citée concerne des enfants de maternelle et non des jeunes de huit à onze ans dyslexiques comme dans notre étude. De plus, une autre recherche, qui converge vers cette même idée d'une réduction de temps de traitement de l'information, a établi que la pratique d'un programme composé de coordination motrice et d'exercices de type aérobie entraîne un temps de réaction plus court notamment sur la tâche de Stroop (Ludyga et al., 2019). Cette dernière étude établit un lien entre l'augmentation du diamètre artériolaires rétinien centraux et la réduction du temps de réaction des fonctions exécutives, elle-même produite par un traitement plus rapide des informations. Néanmoins, nous précisons qu'il existe une limite de comparaison entre notre étude, qui sollicite des enfants de huit à onze ans dyslexiques, et l'étude de Ludyga et ses collègues qui concerne des adolescents non dyslexiques. Pour autant, la pratique de la coordination motrice permettrait que les informations utiles à la lecture soient traitées plus rapidement entraînant une accélération de la vitesse de lecture.

En deuxième lieu, cette augmentation de la vitesse de lecture pourrait provenir d'une amélioration de la mémoire de travail. En effet, cette dernière intervient en lecture notamment dans l'étape du décodage afin d'associer un graphème avec un phonème, puis pour mémoriser la syllabe formée, ensuite pour retenir le mot formé et enfin pour se souvenir des mots de la phrase entière. Cette mémoire de travail aide donc au décodage et à la mémorisation des mots lus permettant la compréhension de la phrase. Comme nous l'avons vu dans la rubrique 1.3.2, en situation de lecture la mémoire de travail est la capacité de stockage des informations verbale (ce qui est lu) et visuo-spatiale (ce qui est vu) ainsi que la capacité à manipuler toutes ces informations. Nous avons pu identifier trois études qui convergent vers cette idée que la coordination motrice améliore la mémoire de travail. D'une part, des chercheurs ont montré que le suivi d'un programme d'entraînement en coordination motrice permet d'améliorer la mémoire de travail (Ludyga et al., 2018; Latino et al., 2021). Pour autant, nous sommes conscients qu'il existe une limite de comparaison entre ces deux études, qui concernent des adolescents et dont le protocole est d'une durée de respectivement de huit semaines et douze semaines, et la nôtre qui sollicite des jeunes de huit à onze ans et dont le programme moteur dure deux semaines. D'autre part, d'autres travaux ont mis en évidence une corrélation entre la coordination motrice et la mémoire de travail visuo-spatiale à partir d'un programme d'exercices de football, où des exercices de coordination motrice étaient présents (Alesi et al., 2016). Cependant, bien que les participants de cette étude et de la nôtre étaient approximativement du même âge, il faut mentionner que seuls nos participants présentaient un

trouble neurodéveloppemental de dyslexie. Ainsi, nous pouvons penser que notre programme de coordination motrice pourrait avoir eu un impact sur l'efficacité de la mémoire de travail qui aurait permis le décodage plus rapide des syllabes, des mots et des phrases entraînant une lecture plus rapide.

En troisième lieu, cette observation de l'augmentation de la vitesse de lecture pourrait trouver son origine de par une meilleure communication entre les différentes zones du cerveau. Nous avons relevé les trois études suivantes qui s'accordent à mettre en lien la vitesse de lecture et l'efficacité de la communication entre les différentes régions cérébrales. En effet, pour lire, le lecteur fait correspondre entre autres les informations des lobes temporal, pariétal et frontal par l'intermédiaire du faisceau arqué. Or, une première étude a montré que plus un enfant présente une capacité aérobie élevée, due à la participation d'activités physiques, meilleure est l'anisotropie fonctionnelle du faisceau arqué (Chaddock-Heyman et al., 2014). Néanmoins, les limites de cette mise en dialogue entre cette étude et la nôtre est que la première citée ne comportait pas d'exercices spécifiques de coordination motrice mais de type aérobie, et avec des enfants non dyslexiques contrairement à notre étude. Ceci signifie que la pratique physique engendre une efficacité dans la bidirectionnalité des fibres blanches du faisceau arqué, laissant ainsi passer les informations sans perte. De plus, une seconde étude suggère que lors d'exercices de coordination bimanuelle, il y a une augmentation de la communication entre les zones pariétale et frontale (King et al., 2022), structures en lien avec le faisceau arqué. Ces chercheurs constatent également une amélioration dans le système de planification motrice qui pourrait aussi expliquer cette augmentation de vitesse de lecture. Nous précisons qu'il existe des limites de comparaison entre cette étude qui concerne des adultes non dyslexiques de vingt et un ans à vingt-sept ans, tous droitiers, et notre étude composée de jeunes dyslexiques de huit à onze ans dont deux sont gauchers. De surcroît, une troisième étude a prouvé que l'entraînement aérobie augmente les faisceaux de communication au sein du corps calleux et plus précisément ceux situés dans son tiers antérieur, c'est-à-dire au niveau du lobe frontal (Colcombe et al., 2006). Cependant, des limites de comparaison apparaissent entre cette étude qui convoque des personnes âgées non dyslexiques dans des exercices de type aérobie et la nôtre qui sollicite des enfants de huit à onze ans dyslexiques dans des activités de coordination motrice mobilisant indirectement leurs capacités aérobies. Par conséquent, l'activité physique de type aérobie améliore la communication interhémisphérique. Ceci nous laisse à penser que notre programme de coordination motrice pourrait avoir eu des répercussions sur la communication des informations entre différentes zones du cerveau et notamment au niveau du faisceau arqué,

donnant la possibilité au lecteur de décoder plus rapidement et de mettre plus de sens à ce qu'il lit.

Enfin, en quatrième lieu, cette augmentation de la vitesse de lecture pourrait être due au développement de la mémoire procédurale entraînant des progrès en automatisation de la lecture. En effet, cette automatisation dépend des noyaux gris centraux qui interviennent dans la boucle cortico-striatale comme nous l'avons vu dans la rubrique 4.2.5.2. Or, une étude a montré que le volume des noyaux gris centraux était plus important et qu'ils fonctionnaient mieux chez des enfants sportifs présentant une capacité aérobie élevée par rapport à d'autres jeunes avec une capacité aérobie plus faible (Chaddock et al., 2010). Néanmoins, il existe des limites de comparaison entre cette étude et la nôtre puisque la première citée est composée d'un public non dyslexique sportif en forme aérobie, alors que la seconde est constituée de sujets dyslexiques ayant suivi un programme de coordination motrice. Cette automatisation est d'autant plus efficace si la boucle cortico-cérébelleuse s'associe à celle énoncée ci-dessus. Or, des travaux de recherche élaborés sur des rats ont prouvé que des exercices d'habiletés motrices sollicitant expressément de la coordination motrice engendrent une augmentation du nombre de synapses du cervelet, notamment au niveau des cellules Purkinje (Kleim et al., 1998). Pour rappel, la synapse est la zone de contact entre deux neurones qui permet la transmission des informations de l'un à l'autre. Ainsi, cette augmentation du nombre de synapses pourrait permettre un meilleur transfert des informations et par voie de conséquence un meilleur rendement de la boucle cortico-cérébelleuse. Cela nous laisse à penser que notre programme de coordination motrice pourrait avoir eu un impact sur la mémoire procédurale, puisque des séquences motrices ont été travaillées de manière répétitive permettant leur automatisation, et qu'un transfert de cette automatisation pourrait s'être produit vers la lecture entraînant une vitesse de lecture plus rapide car automatisée.

Pour terminer avec nos résultats d'augmentation de vitesse de lecture de phrases dans un texte, nous constatons que la pratique de la coordination motrice améliorerait favorablement les DysP par rapport aux DysVP. En effet, le taux de progression des DysP est de -1,1 % alors que celui des DysVP est de -6,3 % ; pour mémoire, ces pourcentages négatifs sont dus au fait que le texte n°2 présente plus de ponctuation que le n°1. Nous rappelons que les DysP sont ceux qui ne parviennent pas à traiter la composante phonologique du langage et à mobiliser les capacités de conscience phonologique qui sont primordiales à la lecture, comme nous l'avons expliqué dans la rubrique 2.2.1. Or, une étude a montré que la pratique de la coordination motrice, notamment les exercices de jonglerie, permet une amélioration de la conscience

phonologique d'enfants dyslexiques (Qian et Bi, 2015). Néanmoins, cette étude étudie les dyslexiques sans distinction de profil, nous ne pouvons donc pas la mettre en dialogue avec nos résultats qui comparent les DysP et DysVP. Toutefois, notre programme de coordination motrice, qui contenait du jonglage, pourrait expliquer les résultats du test de MCLM montrant une augmentation de la vitesse de lecture prononcée chez les DysP, via une meilleure mobilisation des capacités de conscience phonologique.

7.2.5 La fluence en expressivité

Le cinquième objectif de cette thèse était d'évaluer les participants dans la compétence de fluence en expressivité de lecture. Nos résultats suggèrent que la pratique de la coordination motrice pourrait avoir un impact sur l'expressivité du lecteur dyslexique. En effet, le taux de progression en expressivité du GExp a nettement augmenté, il s'élève à 41,7 %, par rapport au GT pour qui le taux est nul. Ainsi, il pourrait y avoir eu un transfert des compétences acquises lors de la pratique de la coordination motrice vers le domaine de la lecture.

Cette amélioration de l'expressivité pourrait trouver son origine grâce à une meilleure compréhension du texte lu. En effet, comme nous l'avons expliqué dans la rubrique 5.4.2.2, l'expressivité dépend du sens et de la compréhension que le lecteur se fait du texte ; ce qui engendre dans son interprétation de lecture des variations d'intensité, de rythme, d'intonation et de modulation de sa voix pour transmettre les émotions du récit. Or, la compréhension en lecture est en lien avec les capacités de mémoire de travail du lecteur. En effet, cette dernière permet la mémorisation des mots d'une phrase et de plusieurs phrases pour pouvoir les associer et leur donner du sens. Deux autres études que celles citées précédemment, concernant l'amélioration de la mémoire de travail suite à des activités de coordination motrice, confirment cette corrélation. En effet, deux équipes de chercheurs ont montré que la pratique du tennis améliorait la mémoire de travail, et que cette dernière était d'autant plus efficiente si la durée de l'activité se prolongeait (Ishihara et al., 2017; Xu et al., 2022). Cependant, une limite de comparaison existe entre ces deux études, qui concerne des joueurs de tennis de six à douze ans non dyslexiques, et notre étude constituée de jeunes dyslexiques de huit à onze ans dont seulement deux pratiquent le tennis. Pour autant, ceci nous laisse à penser que notre programme de coordination motrice pourrait avoir rendu plus efficiente la mémoire de travail facilitant la mémorisation des différents mots au sein d'une phrase, mais aussi la mémorisation de phrases successives ; capacités indispensables pour que le lecteur puisse comprendre ce qu'il lit. Ainsi,

notre programme moteur, en améliorant la mémoire de travail, pourrait avoir permis l'amélioration de la compréhension de lecture et par voie de conséquence l'expressivité du lecteur.

Ensuite, cette amélioration de l'expressivité par l'intermédiaire de la compréhension pourrait provenir d'un meilleur fonctionnement du gyrus angulaire, partie du territoire de Geschwind situé dans le lobe pariétal inférieur, qui intervient lors de la lecture et notamment qui participe au traitement sémantique du langage. Une étude converge en ce sens. En effet, des travaux de recherche ont montré qu'un entraînement au diabolo, instrument de jonglage qui sollicite la coordination motrice et dont l'expérimentation a prouvé sa nette évolution positive, entraîne une augmentation du volume de la matière grise du gyrus angulaire gauche (Chou et al., 2022). Cependant, nous sommes conscients qu'il existe une limite de comparaison entre cette étude, qui a pour échantillonnage des hommes de vingt à vingt-cinq ans non dyslexiques tous droitiers et de type asiatique, et notre étude qui est constituée de jeunes dyslexiques âgés de huit à onze ans de type européen et dont deux sont gauchers. Pour autant, notre programme de coordination motrice pourrait agir sur le gyrus angulaire permettant au lecteur d'accéder au sens de ce qu'il lit et par conséquent à présenter une meilleure expressivité.

Aussi, cette progression en expressivité pourrait trouver son origine dans le perfectionnement de la création d'images mentales. En effet, pour comprendre, le lecteur a besoin de se représenter mentalement ce qu'il lit. Très récemment, des chercheurs ont prouvé que cette opération mentale se déroule au niveau du gyrus fusiforme dans le lobe temporal gauche (Bartoloméo et al., 2022; Hajhajate et al., 2022). Ils ont appelé cet endroit le nœud de l'imagerie mentale. Or, une étude a montré que ce gyrus fusiforme présentait un volume de matière grise plus important après un entraînement au diabolo, activité qui sollicite la coordination motrice (Chou et al., 2022). Ceci nous laisse à penser que notre programme de coordination motrice pourrait avoir développé le nœud de l'imagerie mentale facilitant et perfectionnant la création d'images mentales des mots et des phrases lus par le lecteur. Ceci entraînerait une meilleure compréhension du texte et engendrerait des progrès en expressivité.

Enfin, cette meilleure expressivité pourrait être due à une amélioration des performances attentionnelles. En effet, pour comprendre les phrases d'un texte nous avons besoin d'être attentif à ce que nous lisons. Or, des études ont montré que la pratique d'exercices de coordination motrice améliorent l'attention chez les enfants (Budde et al., 2008; Schmidt et al., 2015). Même s'il y a une limite de comparaison entre ces deux études où les participants ne sont pas dyslexiques contrairement à la nôtre, ceci nous laisse à penser que notre programme

de coordination motrice pourrait avoir amélioré les capacités d'attention des participants, leur permettant ainsi plus de compréhension de ce qu'ils lisent, et par voie de conséquence de produire une meilleure expressivité.

Pour terminer avec nos résultats en expressivité, nous constatons que la pratique de la coordination motrice améliorerait plus favorablement les DysP par rapport aux DysVP. En effet, le taux de progression des DysP est de 50 %, alors que celui des DysVP est de 37,5 %. Nous rappelons que les DysP ne parviennent pas à traiter la composante phonologique du langage et par conséquent exploite au maximum la voie sémantique pour tenter de lire. Or, comme nous l'avons déjà cité, une étude a montré que la pratique d'exercices de jonglerie améliore la conscience phonologique d'enfants dyslexiques (Qian et Bi, 2015). Ces progrès permettraient une amélioration de la conversion des graphèmes en phonèmes permettant au lecteur de produire une lecture plus fluide et donc de mieux comprendre ce qu'il lit. A ceci pourrait s'ajouter deux éléments que nous avons démontrés plus haut : un accès facilité à la voie sémantique et l'utilisation d'images mentales. Alors, cette amélioration de la compréhension chez les DysP par ces trois axes (conversion graphèmes-phonèmes, voie sémantique, images mentales) leur permettrait de produire une meilleure expressivité. Ainsi, notre programme de coordination motrice pourrait expliquer cette plus grande expressivité prononcée chez les DysP. Enfin, nous précisons que nous n'avons pas trouvé d'études qui distinguent les différents profils de dyslexie et qui traitent de notre domaine. De fait, nous ne pouvons pas mettre en dialogue nos résultats en expressivité qui comparent les DysP et DysVP.

7.2.6 La fluence en phrasé

Le sixième objectif de cette thèse était d'évaluer les participants dans la compétence de fluence en phrasé de lecture. Nos résultats suggèrent que la pratique de la coordination motrice pourrait avoir un impact sur le phrasé des enfants dyslexiques. En effet, le taux de progression en phrasé du GExp a augmenté et s'élève à 28,6 %, par rapport au GT dont le taux est nul. Ainsi, il pourrait y avoir eu un transfert des compétences acquises lors de la pratique de la coordination motrice vers le domaine de la lecture.

Cette amélioration du phrasé pourrait trouver son origine grâce à une meilleure vision de la syntaxe et de la ponctuation du texte. En effet, comme nous l'avons expliqué dans la rubrique 5.4.2.2, le phrasé dépend des capacités du lecteur à savoir découper les phrases du texte en unités signifiantes entraînant des pauses syntaxiques et respiratoires au bon endroit, et

à une variation d'intonation grâce au respect de la ponctuation. Ceci amène à dire que le lecteur doit être capable de séquençage pendant sa lecture. Or, une étude a montré une corrélation entre les capacités de coordination motrice et de rythme avec la celle de séquençage (Haines, 2003). Néanmoins, nous soulignons une limite de comparaison entre cette étude, qui convoque des enfants de quatre à huit ans non dyslexiques, et la nôtre où les participants sont âgés de huit à onze ans et présentent une dyslexie. Pour autant, ceci nous laisse à penser que notre programme de coordination, qui sollicite aussi le rythme, pourrait avoir amélioré les capacités de séquençage du lecteur lui permettant de produire un meilleur phrasé.

De plus, des chercheurs s'accordent à dire qu'il existe un lien entre les habiletés rythmiques et différentes compétences en lecture : la conscience phonologique (Frey et al., 2022), la fluidité de lecture (David et al., 2007) et la compréhension de ce qui est lu (Goswami et al., 2013). D'autres auteurs vont plus loin et précisent qu'en maternelle, c'est-à-dire en amont de l'apprentissage formel de la lecture, la capacité à reproduire un rythme chez un enfant est prédictive de ses futures performances en lecture (Dellatolas et al., 2009). Ainsi, nous comprenons que le rythme est une capacité primordiale à la lecture. Par conséquent, notre programme de coordination motrice, qui contient des exercices rythmiques, permettrait la production d'un meilleur phrasé par l'intermédiaire de progrès en conscience phonologique, en fluidité et en compréhension de lecture.

Enfin, le phrasé est en lien avec le respect de la ponctuation par le lecteur. Pour ce faire, ce dernier doit être attentif à la forme des signes qu'il voit, aux intonations qu'il produit oralement et au contrôle de sa respiration. Or, certains exercices de notre programme moteur, comme le BAL-A-VIS-X, développent l'attention visuelle, l'attention auditive et aident à maîtriser sa respiration en la rythmant avec l'exercice proposé. Ainsi, nous pouvons penser que notre programme de coordination motrice pourrait avoir eu un impact pour une utilisation plus efficace de la ponctuation, et par voie de conséquence pour produire un meilleur phrasé.

Pour terminer avec nos résultats en phrasé, nous constatons que la pratique de la coordination motrice améliorerait plus favorablement les DysP par rapport aux DysVP. En effet, leur taux de progression s'élève respectivement à 40 % et 22,2 %. Nous rappelons que les DysP ne parviennent pas à traiter la composante phonologique du langage et ont recourt à leur mémoire visuelle pour reconnaître le mot à lire dans la mesure où ils l'auraient déjà rencontré. Ainsi, notre programme de coordination motrice aurait pu perfectionner le caractère visuel des DysP permettant à ces derniers de mieux identifier les signes de ponctuation et donc de pouvoir les respecter. Aussi, peut-être auraient-ils plus profité de progrès en capacité de

séquençage ? Ainsi, notre programme de coordination motrice, de par une amélioration des capacités visuelles et de séquençage, pourrait expliquer un meilleur phrasé chez les DysP. Enfin, comme nous n'avons pas trouvé d'études qui distinguent les types de dyslexie et qui sont en rapport avec notre domaine de recherche, nous n'avons pas pu confronter nos résultats en phrasé avec d'autres.

7.2.7 La compréhension de lecture de texte

Le septième et dernier objectif de cette thèse était d'évaluer les participants dans la compétence de compréhension de lecture de texte. Nos résultats semblent indiquer que la pratique de la coordination motrice améliorerait la compréhension de lecture chez les enfants dyslexiques. En effet, nous avons constaté que notre GExp a nettement progressé pour comprendre un texte. Son taux de progression s'élève à 37 %. Ainsi, il pourrait y avoir eu un transfert des compétences acquises lors de la pratique de la coordination motrice vers le domaine de la lecture.

Nous avons déjà montré, lors du développement du cinquième objectif, que la compréhension pouvait être améliorée par une meilleure efficacité de la mémoire de travail, des capacités attentionnelles, de la sémantique et la création d'images mentales suite à la pratique de la coordination motrice. De plus, nous ajoutons que pour comprendre un long texte et répondre à seize questions, comme c'était le cas dans notre test de compréhension, le lecteur doit être capable de maintenir son attention dans le temps et de manière continue. Or, une étude a montré que la pratique d'exercices de coordination motrice chez des enfants d'école primaire a un effet positif sur l'attention soutenue (Chou et al., 2022). Nous notons une limite de comparaison entre cette étude, dont les participants sont des enfants tout-venant et la nôtre qui se compose uniquement de jeunes dyslexiques. Par ailleurs, l'attention du lecteur, en plus d'être soutenue, doit être sélective. En effet, pour comprendre un texte et répondre à ses questions, le lecteur doit être capable de sélectionner les informations pertinentes, mais aussi de les mettre en lien afin de décrypter les inférences. Or, des travaux de recherche ont prouvé que la réalisation d'exercices de coordination motrice engendre une amélioration de l'attention sélective (Chang et al., 2013). La mise en dialogue entre cette étude et la nôtre présente une limite de comparaison. En effet, leur échantillon concerne des enfants d'école maternelle, donc plus jeunes que ceux de notre étude. Pour autant, ceci nous laisse à penser que notre programme

de coordination motrice pourrait avoir eu un impact sur les attentions soutenue et sélective des participants, qui auraient favorisé la compréhension de lecture de texte.

Pour terminer avec nos résultats en compréhension de texte, nous constatons que la pratique de la coordination motrice améliorerait plus favorablement les DysVP par rapport aux DysP. Leur taux de progression sont respectivement de 40,6 % et de 31,8 %. Pour rappel, les DysVP sont ceux qui ne parviennent pas à accéder au calepin visuo-spatial et utilisent constamment les correspondances grapho-phonémiques pour lire. Ainsi, nous pouvons imaginer que ces DysVP auraient progressé pour accéder plus facilement à leur calepin visuo-spatial, ou alors ils auraient perfectionné leur capacité à convertir les graphèmes en phonèmes entraînant une meilleure fluidité de lecture et permettant l'accès à plus de compréhension de ce qu'ils lisent. Ainsi, notre programme moteur aurait facilité l'accès au calepin interne ou aurait perfectionné les conversions des graphèmes en phonèmes pour une meilleure compréhension de texte chez les DysVP. Malgré nos recherches, nous ne pouvons pas mettre au regard ces résultats qui différencient les DysVP et les DysP dans le domaine de la compréhension de texte car nous n'avons pas trouvé d'études qui fait une distinction entre les différents profils de dyslexie.

En synthèse de cette partie de discussion, qui a mis en rapport nos résultats et les recherches d'autres auteurs, nous pouvons répondre à notre question de recherche en affirmant les points suivants. La coordination motrice améliorerait :

- Le décodage de mots irréguliers par l'intermédiaire :
 - d'une efficacité des mémoires visuelle et eidétique
 - du rendement rétinien
 - d'une meilleure efficacité du système magnocellulaire
 - d'un perfectionnement de la VWFA
 - d'une meilleure discrimination perceptive visuelle
 - d'un meilleur transfert d'informations au sein faisceau fronto-occipital
- La fluence ou vitesse de lecture de par :
 - un temps de réaction plus court
 - un traitement plus rapide des informations
 - une efficacité de la mémoire de travail
 - une meilleure anisotropie fonctionnelle du faisceau arqué

- une meilleure communication des zones pariétale et frontale
- plus de faisceaux dans le corps calleux notamment dans le lobe frontal
- une efficacité de la mémoire procédurale
- une amélioration de la conscience phonologique
- L'expressivité du lecteur grâce à :
 - une amélioration de la mémoire de travail
 - un meilleur traitement sémantique
 - un accès facilité à la création d'images mentales
 - une amélioration de l'attention
- Le phrasé du lecteur du fait :
 - d'une amélioration en capacité de séquençage
 - d'une appropriation de capacité rythmique
 - d'une efficacité des attentions visuelle et auditive
 - d'une maîtrise respiratoire
- La compréhension de texte au moyen d':
 - une amélioration de la mémoire de travail
 - un meilleur traitement sémantique
 - un accès facilité à la création d'images mentales
 - une amélioration des attentions soutenue et sélective

Maintenant que nous avons pu répondre précisément à notre question de recherche et en discuter les résultats, nous allons montrer si ces derniers ont pu être influencés par des biais au sein de notre protocole, puis nous réaliserons une critique de notre protocole.

7.3 Critique méthodologique

Dans cette section, en premier lieu nous développons les biais que nous avons identifiés dans notre protocole quasi-expérimental, puis en second lieu nous effectuons une critique de ce dernier.

7.3.1 Les biais

Nous avons tenté de minimiser au maximum les biais possibles. Pour autant, nous n'avons pas pu éviter la présence de certains biais, et nous les citons ci-après.

Tout d'abord, les résultats obtenus ne peuvent pas avoir été biaisés par des progrès suite à un suivi de séances d'orthophonie ou d'orthoptie réalisé en parallèle de notre protocole. En effet, aucun participant n'a reçu de rééducation de ce type durant cette période. Néanmoins, nous retenons qu'une enfant du GExp a pratiqué plus de coordination motrice que ses camarades du même groupe, puisqu'elle a participé à un stage de cirque en parallèle de notre protocole.

Ensuite, les résultats obtenus, tant en coordination motrice qu'en lecture, sont authentiques puisque le protocole a été filmé et enregistré en audio, ce qui a permis en aval une vérification précise des résultats. Pour autant, bien que filmée, l'appréciation subjective de la coordination motrice, qui consistait à évaluer la précision du mouvement, la fluidité et la souplesse, présente un biais de perception non conscient de la part de la chercheuse. Ce biais aurait pu être évité de par une évaluation en double aveugle, comme cela a été mis en place pour les notations de l'expressivité et du phrasé.

Puis, notre protocole ne présente pas un biais de sélection puisque les participants ont été recrutés auprès de différentes écoles du secteur, privées et publiques, et au bon vouloir des enfants et de leurs parents. Par contre, le fait que notre échantillon soit réparti en deux groupes (GExp et GT) par le biais du hasard, cela a entraîné un biais d'équiprobabilité. En effet, le GExp s'est composé de quatre DysVP et de deux DysP, alors que le GT s'est constitué de deux DysVP, deux DysP et de deux dyslexiques mixtes.

De surcroît, nous notons la présence d'un autre biais du fait de la non équivalence des deux groupes en coordination motrice à T0.

De plus, les enfants se sont rendus compte de leur groupe d'appartenance, expérimental ou témoin. Cela constitue un biais puisque leur implication pouvait en être modifiée.

Enfin, pour revenir à nos résultats, nous ne pouvons pas ignorer une incidence possible sur ces derniers de par l'envie de réussir et de progresser par les participants du GExp, ce qui engendre un biais dit motivationnel, que l'on nomme aussi l'effet Hawthorne. De plus, il se peut que la chercheuse ait dégagé une attention plus particulière auprès des participants du GExp, faisant naître un biais attentionnel de sa part. La chercheuse aurait pu introduire involontairement ce biais, et ses attentes aurait influé sur les résultats souhaités. Nous pouvons également qualifier ce biais comme un biais de désirabilité.

Pour terminer, nous ajoutons un dernier biais, non contrôlable par la chercheuse, qui est celui de maîtriser la quantité de sommeil des participants. En effet, nous savons que le sommeil

est un élément indispensable à la mémorisation et aux apprentissages, que cela soit dans le domaine moteur ou cognitif.

7.3.2 La technicité du protocole

À présent, nous effectuons une critique de notre protocole quasi-expérimental. Tout d'abord, nous constatons que, même si les exercices de coordination qui ont été proposés ont fait travailler la coordination motrice dans son intégralité, c'est-à-dire que les douze capacités coordinatives ont été sollicitées, il apparaît que la capacité d'adaptation a été moins stimulée que les onze autres. Le fait que celle-ci soit restée dans l'ombre, ou en retrait par rapport aux autres, nous amène à nous demander si cela a pu entraîner des conséquences sur les résultats.

Ensuite, comme nous l'avons signalé dans notre analyse, le texte n°2 intitulé « Au bord du fleuve » contenait plus de signes de ponctuation en début de texte par rapport au n°1 intitulé « Les deux bossus ». Pourtant, bien que ces deux textes aient été testés par six élèves non dyslexiques et un dyslexique, la chercheuse n'avait pas identifié cette différence. Ainsi, peut-être que les résultats auraient été tout autre si les textes avaient été inversés : le texte n°2 aurait été utilisé à T0 et le texte n°1 à T2. Pour autant, nous avons cherché à effacer cette différence en effectuant un lissage des données, tel que décrit précédemment dans la rubrique 6.2.2.2.

Outre cela, notre protocole n'incluait pas d'exercice de représentation mentale. Or, nous savons que l'imagerie mentale en lecture est une compétence essentielle, notamment pour reconnaître directement des mots, mais aussi pour imaginer visuellement ce que nous lisons pour mieux le comprendre. Ainsi, nous aurions pu inclure dans notre protocole des exercices demandant aux participants du GExp de se visualiser eux-mêmes, ou de visualiser un de leurs camarades, en train de jongler ou de sauter à la corde par exemple. Ainsi, peut-être que cet entraînement mental aurait pu avoir des conséquences sur les résultats.

Par ailleurs, par souci de disponibilité des participants, de la chercheuse, et du lieu d'accueil, nous avons proposé un programme moteur condensé dans le temps, à savoir deux heures par jour sur deux semaines en période de vacances d'été. Ainsi, nous avons obtenu des résultats d'effets immédiats ou à court terme. Pourtant, même si nous avons enregistré des progrès en coordination motrice, nous pouvons imaginer que la courbe de progression aurait été différente si le programme s'était étalé dans le temps, sur plusieurs mois par exemple, engendrant peut-être d'autres résultats en lecture.

Enfin, il aurait été judicieux de programmer des évaluations de lecture en T3, T4, T5, à intervalles réguliers, afin d'observer si le GExp conserve ses progrès ou si ces derniers s'amenuisent et à partir de combien temps.

Pour terminer, en T2 juste après la passation des tests de lecture, il est venu naturellement à la chercheuse de demander à un participant du GExp s'il trouvait quelque chose de changer dans sa façon de lire, ou dans sa vie de tous les jours, suite au suivi des deux semaines de coordination motrice. Cette question était informelle, l'enregistrement audio avait été arrêté puisque tous les tests étaient terminés. Il me répondit qu'il avait l'impression que les mots lui venaient plus facilement et qu'il lisait plus vite. De fait, les jours suivants, la chercheuse a posé la même question aux participants qui n'étaient pas encore passés, bien que ce n'était pas prévu dans le protocole. Une autre participante a répondu que les mots s'affichaient dans sa tête et arrivaient plus vite dans sa bouche, et que sa façon de lire lui semblait plus fluide. Enfin, un troisième répondit qu'il tapait beaucoup plus vite ses « textos » sur son téléphone (annexe 19). Ainsi, notre protocole aurait dû contenir un questionnaire en rapport avec le ressenti des participants. Cela aurait permis de croiser leurs résultats de lecture avec leurs sensations éprouvées. Ces données auraient été intéressantes à analyser.

Maintenant que nous avons réalisé une critique méthodologique, nous proposons de développer les forces et les limites de notre étude.

7.4 Les forces et les limites de notre étude

Une des premières forces de cette étude est la présence d'un cadre structuré et précis, aussi bien dans la proposition des tests de coordination motrice et de lecture, que dans la réalisation du programme moteur. En effet, des tests d'essai, réalisés en amont du protocole, nous ont permis de tester les exercices de coordination motrice et ceux de lecture, et après rectification, de proposer des outils ajustés.

Une autre force de cette recherche est la conception du programme moteur. En effet, le fait qu'il y ait des variables pour chaque exercice de coordination motrice a permis aux participants du GExp de ne pas tomber dans la routine les jours passants. Ainsi, ils ont pu conserver leur motivation des premiers jours. De plus, les deux jeux collectifs de coopération et le cercle de destiné ont permis une cohésion de groupe, qui de surcroît a renforcé leur envie

de venir chaque matin. D'ailleurs, ils avaient tous envie de poursuivre l'aventure une troisième semaine !

La première limite de notre recherche est la taille restreinte de notre échantillon. En effet, douze participants ne permettent pas de généraliser les résultats et d'obtenir une réalité statistique. Il serait intéressant de poursuivre nos investigations de recherche sur un échantillon plus important.

La deuxième limite est que notre étude est conçue pour une population de dyslexiques français. En effet, la langue française est une langue alphabétique, dite complexe de par son système phonétique : une lettre peut transcrire plusieurs sons, plusieurs lettres accolées peuvent former un son ou encore certaines lettres s'écrivent et ne se prononcent pas. Seulement, d'autres langues existent, comme le chinois, où la lecture se réalise grâce à des idéogrammes : signes représentant le sens d'un mot et non les sons qui le composent. Ainsi, les difficultés de lecture des dyslexiques chinois, par exemple, sont tout autre que ceux des dyslexiques français. En effet, le lecteur chinois dyslexique ne parvient pas à reconnaître visuellement les idéogrammes et n'a nullement besoin de convertir des graphèmes en phonèmes. De fait, les activités cérébrales sont différentes pour lire du chinois ou du français. Par conséquent, notre étude se limite à une population de référence de dyslexiques français ayant une langue alphabétique, elle n'est pas transposable pour une langue idéographique.

Enfin, nous soulignons une troisième limite à notre recherche. En effet, comme notre protocole a été réalisé sur du court terme, les effets de mémorisation et de stabilisation des acquis ne pourront sûrement pas être maintenus. Ceci est regrettable car l'objectif d'aider ces enfants dyslexiques à mieux lire ne peut être atteint que temporairement avec notre protocole.

Maintenant que nous avons développé les forces et les limites de notre étude, nous proposons une ouverture vers des perspectives de nos travaux de recherche.

7.5 Les perspectives de notre étude

Sur le plan professionnel, nos travaux de recherche pourraient avoir une pertinence praxéologique, c'est-à-dire pourraient contribuer à modifier les pratiques dans le milieu scolaire. En effet, notre étude pourrait permettre d'utiliser la pratique de la coordination motrice

à l'école, via le programme d'Éducation Physique et Sportive, pour atteindre des compétences d'apprentissage de par le développement de fonctions cognitives.

De plus, les exercices de notre programme moteur, ou tout au moins certains exercices, pourraient être repris par des orthophonistes afin de compléter la rééducation de leur patient. Notons que c'est déjà le cas chez certains orthophonistes qui utilisent le Bal-A-Vis-X.

Sur le plan scientifique, notre étude mériterait d'être poursuivie en sollicitant un nombre plus élevé d'enfants dyslexiques, formant ainsi un échantillon plus important. Cela permettrait que les résultats obtenus aient une valeur statistique et puissent valider ou invalider scientifiquement l'hypothèse principale, ainsi que les sous-hypothèses.

Par ailleurs, la chercheuse possède des données qui n'ont pas été utilisées pour cette étude. Celles-ci concernent les types d'erreurs réalisés en situation de lecture tels que l'omission, l'inversion, la confusion, la transposition de lettres et de syllabes, la substitution visuelle et phonique, ou encore le saut d'un mot ou d'une ligne. Ces erreurs ont été relevées lors des tests de décodage et de la lecture des textes « Les deux bossus » et « Au bord du fleuve », et ce pour chaque participant. Par conséquent, ces données pourraient être mises à profit d'une nouvelle recherche ciblée sur les effets de la coordination motrice sur les types d'erreurs de lecture représentatif de la dyslexie développementale. Nous pouvons constater le relevé de ces erreurs dans l'annexe 20 (cf. textes « Les deux bossus » et « Au bord du fleuve »).

De surcroît, notre programme moteur s'est déroulé sur du court terme correspondant à deux semaines. Or, il serait judicieux de le réaliser sur une année, en effectuant une étude longitudinale, afin de constater les effets engendrés sur du long terme, mais aussi d'espérer que ces effets perdurent.

Aussi, il serait intéressant de reproduire cette étude en y ajoutant des mesures d'imagerie bio-médicale, notamment d'imagerie à résonance magnétique (IRM). En effet, cela permettrait d'observer au niveau encéphalique si la pratique de la coordination motrice a engendré des modifications des structures et des systèmes de fonctionnement permettant une amélioration de la lecture.

Enfin, notre étude pourrait être reproduite à l'inverse de ce que nous avons proposé. En effet, un nouveau protocole serait mis en place afin de faire travailler la lecture intensément sur deux semaines, dans le but de constater si des progrès en coordination motrice apparaîtraient. Cette nouvelle recherche répondrait au questionnement suivant : en améliorant le niveau de lecture, la coordination pourrait-elle être meilleure ?

CONCLUSION

En termes d'impacts professionnels, cette thèse doctorale nous a permis d'acquérir des connaissances solides en vue de les utiliser dans notre métier. Professeure des écoles, la maîtrise des thématiques de la lecture, la dyslexie développementale, la coordination motrice et des neurosciences nous servira indéniablement dans notre profession et ces éclairages profiteront à nos élèves. De plus, la rencontre avec des spécialistes (orthophoniste, médecin, professeur d'Éducation Physique et Sportive, enseignant-chercheur) nous a permis d'obtenir des indications très précises afin de construire cette thèse de manière la plus pertinente possible. Par ailleurs, des échanges avec les collègues seront également réalisés, ce qui permettra d'étendre nos connaissances et nos résultats à un public d'enseignants. Enfin, la participation à un colloque pourrait aussi contribuer à l'étendue encore plus large du contenu de notre étude.

En ce qui concerne les retombées personnelles, cette thèse participe d'un accomplissement personnel. Elle a pu être menée à terme en raison à la fois d'un fort intérêt pour le sujet, mais aussi à notre capacité organisationnelle à gérer à la fois notre recherche, notre profession et une vie familiale. En plus de l'acquisition de nouveaux savoirs dans les domaines de la lecture, la dyslexie développementale, la coordination motrice et des neurosciences, nous avons développé des savoir-faire et des savoir-être. En effet, la réalisation de cette étude nous a permis de renforcer des savoir-faire comme de la méthodologie de recherche, des capacités d'analyse et de synthèse des travaux d'autres études et de nos propres résultats, ou encore une qualité rédactionnelle. Également, nous avons enrichi nos savoir-être par une ouverture d'esprit, l'acceptation de la critique, être capable de se remettre en question ou encore savoir prendre le temps de la réflexion. Enfin, l'écriture de cette thèse doctorale a développé en nous l'envie d'écrire sur d'autres thématiques relatifs à l'éducation, peut-être sous la forme de recherche-action ?

Au plan scientifique, notre étude a eu pour but d'étudier les effets de la coordination motrice sur la lecture chez des enfants dyslexiques de huit à onze ans. Tout d'abord, nous avons développé quatre chapitres théoriques afin de maîtriser en profondeur les concepts de la lecture, de la dyslexie développementale, de la coordination motrice et des circuits neuronaux de la lecture et de la coordination motrice. Ensuite, nous avons poursuivi avec trois chapitres empiriques. Pour cette recherche, nous avons fait le choix de mettre en place un protocole proposant un programme moteur constitué d'exercices de coordination motrice. Une évaluation en décodage, fluence et compréhension de lecture a été réalisée en aval et en amont du

programme moteur. Nous disposions d'un groupe témoin, qui n'a pas participé à l'entraînement de la coordination motrice, et un groupe expérimental qui l'a suivi durant deux semaines.

Nos résultats montrent une nette progression en décodage de mots irréguliers, une lecture de texte plus rapide, une amélioration notable en expressivité et en phrasé, ainsi qu'une meilleure compréhension de texte. Par contre, ils ne décèlent pas de progrès en décodage de mots réguliers et de pseudo-mots. Enfin, nos résultats révèlent également une distinction d'évolution selon le type de dyslexie.

Nous pouvons donc en déduire, malgré la présence de biais, que la coordination motrice permet de faire évoluer positivement certaines compétences de lecture. Toutefois, notre étude ne nous permet pas de valider scientifiquement nos résultats puisque que notre échantillon est trop petit, et donc elle ne peut donner lieu à une généralisation des résultats.

Néanmoins, notre recherche ouvre sur plusieurs pistes de réflexion. En effet, elle interroge sur l'intérêt de pratiquer des activités physiques comprenant de la coordination motrice, pas seulement pour être en bonne santé, mais également afin de maintenir, faire progresser et éviter la dégénérescence des fonctions cognitives de l'individu. Ensuite, elle pose la question de l'apport de la coordination motrice dans les programmes de l'Éducation nationale qui serait une aide aux apprentissages, notamment en lecture.

BIBLIOGRAPHIE

- Ackermann, H., & Riecker, A. (2010). The contribution(s) of the insula to speech production : A review of the clinical and functional imaging literature. *Brain Structure & Function*, 214(5-6), 419-433. <https://doi.org/10.1007/s00429-010-0257-x>
- Ajuriaguerra, J., & Marcelli, D. (1989). *Psychopathologie de l'enfant* (3^{éd.} rev. et compl.). Masson.
- Albaret, J.-M., Arnaud, C., Assaiante, C., Gonzalez-Monge, S., Huron, C., Jolly, C., Kaiser, M.-L., Liotard, P., Mazeau, M., Tallet, J., Vaivre-Douret, L., & Woollven, M. (2019). *Troubles développementaux de la coordination ou dyspraxie, une expertise collective de l'Inserm*. EDP Sciences. <http://hal.univ-grenoble-alpes.fr/hal-02408788>
- Albinet, C. T., Mandrick, K., Bernard, P. L., Perrey, S., & Blain, H. (2014). Improved cerebral oxygenation response and executive performance as a function of cardiorespiratory fitness in older women : A fNIRS study. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 6, 272. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2014.00272>
- Albouy, G., & Maquet, P. (2008). Hippocampe, striatum et séquences. *médecine/sciences*, 24(11), 921-922. <https://doi.org/10.1051/medsci/20082411921>
- Albouy, G., Sterpenich, V., Baiteau, E., Vandewalle, G., Desseilles, M., Dang-Vu, T., Darsaud, A., Ruby, P., Luppi, P.-H., Degueldre, C., Peigneux, P., Luxen, A., & Maquet, P. (2008). Both the hippocampus and striatum are involved in consolidation of motor sequence memory. *Neuron*, 58(2), 261-272. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2008.02.008>
- Alesi, M., Bianco, A., Luppina, G., Palma, A., & Pepi, A. (2016). Improving Children's Coordinative Skills and Executive Functions : The Effects of a Football Exercise Program. *Perceptual and Motor Skills*, 122(1), 27-46. <https://doi.org/10.1177/0031512515627527>
- Alteimer, 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>
- American Psychiatric Association. (2015). *American Psychiatric Association*. <https://psychiatry.org:443/psychiatrists/practice/dsm>
- Anatomie humaine—Système nerveux*. (s. d.). Anatomie. Consulté 23 octobre 2023, à l'adresse <https://www.anatomiehumaine.net/systeme-nerveux>
- Angevaren, M., Aufdemkampe, G., Verhaar, H. J. J., Aleman, A., & Vanhees, L. (2008). Physical activity and enhanced fitness to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 3, CD005381. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005381.pub3>
- Architecture du cerveau | Parlons sciences*. (s. d.). Consulté 30 octobre 2023, à l'adresse <https://parlonssciences.ca/ressources-pedagogiques/documents-dinformation/architecture-du-cerveau>

- Ashe, J., Lungu, O. V., Basford, A. T., & Lu, X. (2006). Cortical control of motor sequences. *Current Opinion in Neurobiology*, 16(2), 213-221. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2006.03.008>
- Ayres, A. J. (1972). *Sensory integration and learning disorders*. Western Psychological Services.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working Memory. In G. H. Bower (Éd.), *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 8, p. 47-89). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Bakker, D. J. (1992). Neuropsychological classification and treatment of dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*, 25(2), 102-109. <https://doi.org/10.1177/002221949202500203>
- Barrouillet, P., Billard, C., De Agostini, M., Démonet, J.-F., Fayol, M., Gombert, J.-E., Habib, M., Le Normand, M.-T., Ramus, F., Sprenger-Charolles, L., & Valdois, S. (2007). *Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie : Bilan des données scientifiques* (p. 844 pages, figures, tableaux) [Research Report]. Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM). <https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-01570674>
- Bartoloméo, P., Cohen, L., & Naccache, L. (2022, juin 9). *Imagerie mentale visuelle : Le cas d'un patient suggère un nouveau réseau cérébral clé*. Institut du Cerveau. <https://institutducerveau-icm.org/fr/actualite/imagerie-mentale-visuelle-cas-dun-patient-suggere-nouveau-reseau-cerebral-cle/>
- Bearzotti, F., Tavano, A., & Fabbro, F. (2007). Development of orofacial praxis of children from 4 to 8 years of age. *Perceptual and Motor Skills*, 104(3 Pt 2), 1355-1366. <https://doi.org/10.2466/pms.104.4.1355-1366>
- Beaulieu, C., Plewes, C., Paulson, L., Roy, D., Walker, L., Concha, L., & Phillips, L. (2005). Imaging brain connectivity in children with diverse reading ability. *NeuroImage*, 25, 1266-1271. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.12.053>
- Bentolila, A., & Germain, B. (2018). *Apprendre à lire—Cycle 2* (Edition 2018). Nathan.
- Bernier, R., Hudac, C. M., Chen, Q., Zeng, C., Wallace, A. S., Gerdtts, J., Earl, R., Peterson, J., Wolken, A., Peters, A., Hanson, E., Goin-Kochel, R. P., Kanne, S., Snyder, L. G., Chung, W. K., & Simons VIP consortium. (2017). Developmental trajectories for young children with 16p11.2 copy number variation. *American Journal of Medical Genetics. Part B, Neuropsychiatric Genetics: The Official Publication of the International Society of Psychiatric Genetics*, 174(4), 367-380. <https://doi.org/10.1002/ajmg.b.32525>
- Bernstein, N. A. (1967). *The co-ordination and regulation of movements*, ([1st English ed.] edition). Pergamon Press.
- Berryman, N., Bherer, L., Nadeau, S., Lauzière, S., Lehr, L., Bobeuf, F., Lussier, M., Kergoat, M. J., Vu, T. T. M., & Bosquet, L. (2014). Multiple roads lead to Rome : Combined high-intensity aerobic and strength training vs. gross motor activities leads to equivalent improvement in executive functions in a cohort of healthy older adults. *Age (Dordrecht, Netherlands)*, 36(5), 9710. <https://doi.org/10.1007/s11357-014-9710-8>
- Blanchard, S. (2005, décembre 12). Les orthophonistes démentent tout lien entre dyslexie et méthode globale. *Le Monde.fr*. https://www.lemonde.fr/societe/article/2005/12/12/les-orthophonistes-dementent-tout-lien-entre-dyslexie-et-methode-globale_720232_3224.html

- Blank, R., Smits-Engelsman, B., Polatajko, H., & Wilson, P. (2012). European Academy for Childhood Disability (EACD) : Recommendations on the definition, diagnosis and intervention of developmental coordination disorder (long version)*. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *54*(1), 54-93. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2011.04171.x>
- Blau, V., van Atteveldt, N., Ekkebus, M., Goebel, R., & Blomert, L. (2009). Reduced neural integration of letters and speech sounds links phonological and reading deficits in adult dyslexia. *Current Biology: CB*, *19*(6), 503-508. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.01.065>
- Boder, E. (1973). Developmental dyslexia : A diagnostic approach based on three atypical reading-spelling patterns. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *15*(5), 663-687. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1973.tb05180.x>
- Boets, B., Op de Beeck, H., Vandermosten, M., Scott, S., Gillebert, C., Mantini, D., Bulthé, J., Sunaert, S., Wouters, J., & Ghesquière, P. (2013). Intact But Less Accessible Phonetic Representations in Adults with Dyslexia. *Science (New York, N.Y.)*, *342*, 1251-1254. <https://doi.org/10.1126/science.1244333>
- Bonilha, L., Gleichgerrcht, E., Nesland, T., Rorden, C., & Fridriksson, J. (2015). Gray Matter Axonal Connectivity Maps. *Frontiers in Psychiatry*, *6*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsy.2015.00035>
- Boussaoud, D. (1998). Un immense chantier neuronal : Les chercheurs s'efforcent de comprendre comment le cortex code le voir et l'agir : Du regard au geste: comment le cerveau commande la main. *Un immense chantier neuronal: Les chercheurs s'efforcent de comprendre comment le cortex code le voir et l'agir : Du regard au geste: comment le cerveau commande la main*, *309*, 58-61.
- Brambati, S. M., Termine, C., Ruffino, M., Stella, G., Fazio, F., Cappa, S. F., & Perani, D. (2004). Regional reductions of gray matter volume in familial dyslexia. *Neurology*, *63*(4), 742-745. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000134673.95020.ee>
- Brin-Henry, F., Courier, C., Lederlé, E., Masy, V., & Kremer, J.-M. (1998). *Dictionnaire d'orthophonie* (3e édition). Ortho édition.
- Bruner, J. S. (1956). *A Study of Thinking* (1st edition). generic.
- Brunswick, N., McCrory, E., Price, C. J., Frith, C. D., & Frith, U. (1999). Explicit and implicit processing of words and pseudowords by adult developmental dyslexics : A search for Wernicke's Wortschatz? *Brain: A Journal of Neurology*, *122* (Pt 10), 1901-1917. <https://doi.org/10.1093/brain/122.10.1901>
- Budde, H., Voelcker-Rehage, C., Pietrabyk-Kendziorra, S., Ribeiro, P., & Tidow, G. (2008). Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. *Neuroscience Letters*, *441*(2), 219-223. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2008.06.024>
- Buer, G. (s. d.). *Le développement de la coordination chez les jeunes*. 21.
- Bullitt, E., Rahman, F. N., Smith, J. K., Kim, E., Zeng, D., Katz, L. M., & Marks, B. L. (2009). The effect of exercise on the cerebral vasculature of healthy aged subjects as visualized by MR angiography. *AJNR. American Journal of Neuroradiology*, *30*(10), 1857-1863. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A1695>

- Burdack, J., & Schöllhorn, W. I. (2022). Cognitive Enhancement through Differential Rope Skipping after Math Lesson. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1), 205. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010205>
- Castelli, D. M., Hillman, C. H., Buck, S. M., & Erwin, H. E. (2007). Physical fitness and academic achievement in third- and fifth-grade students. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 29(2), 239-252. <https://doi.org/10.1123/jsep.29.2.239>
- Castles, A., & Coltheart, M. (2004). Is there a causal link from phonological awareness to success in learning to read? *Cognition*, 91, 77-111. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(03\)00164-1](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(03)00164-1)
- Catani, M., Jones, D. K., Donato, R., & Ffytche, D. H. (2003). Occipito-temporal connections in the human brain. *Brain: A Journal of Neurology*, 126(Pt 9), 2093-2107. <https://doi.org/10.1093/brain/awg203>
- Catani, M., Jones, D. K., & ffytche, D. H. (2005). Perisylvian language networks of the human brain. *Annals of Neurology*, 57(1), 8-16. <https://doi.org/10.1002/ana.20319>
- Cazorla, G. (2014). *Activité physique, croissance et développement de l'enfant de 6 à 11 ans*. <http://areaps.org/bibliotheque/#activite-physique-sante>
- Cellard, C., East-Richard, C., Dufour, G., Thibaudeau, E., & Racine, E. (2022, avril). *Les troussees « Cerveau » : Information et accompagnement sur les atteintes neuropsychologiques*. Centre ressource réhabilitation. <https://centre-ressource-rehabilitation.org/les-troussees-cerveau-information-et-accompagnement-sur-les-atteintes>
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Prakash, R. S., Kim, J. S., Voss, M. W., Vanpatter, M., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Konkel, A., Hillman, C. H., Cohen, N. J., & Kramer, A. F. (2010). A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. *Brain Research*, 1358, 172-183. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.08.049>
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Prakash, R. S., VanPatter, M., Voss, M. W., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2010). Basal ganglia volume is associated with aerobic fitness in preadolescent children. *Developmental Neuroscience*, 32(3), 249-256. <https://doi.org/10.1159/000316648>
- Chaddock-Heyman, L., Hillman, C. H., Cohen, N. J., & Kramer, A. F. (2014). Iii. The Importance of Physical Activity and Aerobic Fitness for Cognitive Control and Memory in Children. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 79(4), 25-50. <https://doi.org/10.1111/mono.12129>
- Chaix, Y., & Albaret, J.-M. (2013). Trouble de l'Acquisition de la Coordination et déficits visuo-spatiaux. *Developpements*, n° 15(2), 32-43.
- Chaix, Y., Valdois, S., Habib, M., & Brun, V. (2017). *Dyslexies développementales : Evidences et nouveautés*. Sauramps Médical.
- Chang, Y.-K., Tsai, Y.-J., Chen, T.-T., & Hung, T.-M. (2013). The impacts of coordinative exercise on executive function in kindergarten children : An ERP study. *Experimental Brain Research*, 225(2), 187-196. <https://doi.org/10.1007/s00221-012-3360-9>
- Chard, D. J., Vaughn, S., & Tyler, B.-J. (2002). A Synthesis of Research on Effective Interventions for Building Reading Fluency with Elementary Students with Learning

- Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 35(5), 386-406.
<https://doi.org/10.1177/00222194020350050101>
- Chou, C.-C., Wang, C.-H., McCullick, B., & Hsueh, M.-C. (2022). Effects of Coordinative Exercise on Sustained Attention and Perceptual Discrimination in Elementary School Physical Education. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 1-11.
<https://doi.org/10.1080/02701367.2022.2085863>
- Chou, M.-C., Lin, J.-H., & Wu, M.-T. (2022). Gray and White Matter Changes Associated with Psychophysical Functions Induced by Diabolo Training in Young Men. *Tomography (Ann Arbor, Mich.)*, 8(2), 858-868.
<https://doi.org/10.3390/tomography8020070>
- Chudasama, Y., Doobay, V. M., & Liu, Y. (2012). Hippocampal-Prefrontal Cortical Circuit Mediates Inhibitory Response Control in the Rat. *Journal of Neuroscience*, 32(32), 10915-10924. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1463-12.2012>
- CNRTL. (s. d.-a). *Alphabet : Définition de Alphabet* [Dictionnaire CNRTL en ligne]. CNRTL. Consulté 12 juillet 2022, à l'adresse <https://www.cnrtl.fr/definition/alphabet>
- CNRTL. (s. d.-b). *Coordination : Définition de coordination* [Dictionnaire CNRTL en ligne]. CNRTL. Consulté 17 avril 2023, à l'adresse <https://cnrtl.fr/definition/coordination>
- CNRTL. (s. d.-c). *Dyslexie : Définition de Dyslexie* [Dictionnaire CNRTL en ligne]. CNRTL. Consulté 28 mars 2021, à l'adresse <https://www.cnrtl.fr/definition/dyslexie>
- CNRTL. (s. d.-d). *Étiologie : Étymologie de Étiologie* [Dictionnaire CNRTL en ligne]. CNRTL. Consulté 22 juillet 2022, à l'adresse <https://www.cnrtl.fr/etymologie/%C3%A9tiologie>
- CNRTL. (s. d.-e). *Fluence : Définition de Fluence* [Dictionnaire CNRTL en ligne]. CNRTL. Consulté 20 août 2022, à l'adresse <https://www.cnrtl.fr/definition/fluence>
- CNRTL. (s. d.-f). *Gnosie : Définition de Gnosie* [Dictionnaire CNRTL en ligne]. CNRTL. Consulté 21 avril 2023, à l'adresse <https://www.cnrtl.fr/definition/gnosie>
- CNRTL. (s. d.-g). *Logographique : Définition de Logographique* [Dictionnaire CNRTL en ligne]. CNRTL. Consulté 21 avril 2023, à l'adresse <https://www.cnrtl.fr/definition/logographique>
- CNRTL. (s. d.-h). *Orthographique : Définition de Orthographique* [Dictionnaire CNRTL en ligne]. CNRTL. Consulté 21 avril 2023, à l'adresse <https://www.cnrtl.fr/definition/orthographique>
- CNRTL. (s. d.-i). *Praxie : Définition de Praxie* [Dictionnaire CNRTL en ligne]. CNRTL. Consulté 21 avril 2023, à l'adresse <https://www.cnrtl.fr/definition/praxie>
- CNRTL. (s. d.-j). *Prosodie : Définition de Prosodie* [Dictionnaire CNRTL en ligne]. CNRTL. Consulté 21 avril 2023, à l'adresse <https://www.cnrtl.fr/definition/prosodie>
- CNRTL. (s. d.-k). *Sémantique : Définition de Sémantique* [Dictionnaire CNRTL en ligne]. CNRTL. Consulté 21 avril 2023, à l'adresse <https://www.cnrtl.fr/definition/s%C3%A9mantique>
- Cohen, N. J., & Squire, L. R. (1980). Preserved learning and retention of pattern-analyzing skill in amnesia : Dissociation of knowing how and knowing that. *Science (New York, N.Y.)*, 210(4466), 207-210. <https://doi.org/10.1126/science.7414331>

- Colcombe, S. J., Erickson, K. I., Raz, N., Webb, A. G., Cohen, N. J., McAuley, E., & Kramer, A. F. (2003). Aerobic fitness reduces brain tissue loss in aging humans. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 58(2), 176-180. <https://doi.org/10.1093/gerona/58.2.m176>
- Colcombe, S. J., Erickson, K. I., Scalf, P. E., Kim, J. S., Prakash, R., McAuley, E., Elavsky, S., Marquez, D. X., Hu, L., & Kramer, A. F. (2006). Aerobic exercise training increases brain volume in aging humans. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 61(11), 1166-1170. <https://doi.org/10.1093/gerona/61.11.1166>
- Colé, P., & Sprenger-Charolles, L. (2021). *La dyslexie : De l'enfant à l'adulte*. Dunod. <https://www-cairn-info.srvext.uco.fr/la-dyslexie-de-l-enfant-a-l-adulte--9782100809318.htm>
- Coltheart, M. (1978). *Strategies of information processing*, p. 151 -216. Academic Press. <https://www.biblio.com/book/strategies-information-processing/d/1064510046>
- Comment la Mémoire fonctionne-t-elle? (2019, janvier 11). *Au Cœur de la Mémoire*. <https://tpe-aucoeurdelamemoire.home.blog/ii-comment-fonctionne-la-memoire-3/>
- Conseil de l'Europe. (2001). *Cadre européen commun de référence pour les langues*. Cadre européen commun de référence pour les langues (CECR). <https://www.coe.int/fr/web/common-european-framework-reference-languages/home>
- Corbetta, M., & Shulman, G. (2002). Control of Goal-Directed and Stimulus-Driven Attention in the Brain. *Nature reviews. Neuroscience*, 3, 201-215. <https://doi.org/10.1038/nrn755>
- Corps Feedback sensoriel*. (s. d.). studylibfr.com. Consulté 31 octobre 2023, à l'adresse <https://studylibfr.com/doc/2840771/corps-feedback-sensoriel>
- Coutand, M. (2017). *Une histoire de temps... État de l'art des processus temporels pour le psychomotricien* [Mémoire non publié, Faculté de Médecine Toulouse Rangueil]. <file:///C:/Users/aurbo/Downloads/Coutand2017-4.pdf>
- Crocq, M.-A., Guelfi, J.-D., Boyer, P., Pull, C.-B., & Pull, M.-C. (2015). *DSM-5—Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux* (5e édition). Elsevier Masson.
- Dachet, F. (2015). *L'apprentissage de la lecture : La fluidité en lecture* [Formation]. Formation REP, Meaux-Villenoy. https://imagesetlangages.fr/animations_pedagogiques/REP-plus/LA%20FLUIDITE%20EN%20LECTURE.pdf
- 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 Castelnau, P., Albaret, J.-M., Chaix, Y., & Zanone, P.-G. (2007). Developmental coordination disorder pertains to a deficit in perceptuo-motor synchronization independent of attentional capacities. *Human Movement Science*, 26(3), 477-490. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2007.03.001>
- Dehaene, S. (2007). *Les Neurones de la lecture : Préface de Jean-Pierre Changeux*. Odile Jacob.
- Dehaene, S. (2011). *Apprendre à lire : Des sciences cognitives à la salle de classe*. Odile Jacob.

- Dehaene, S., Jobert, A., Naccache, L., Ciuciu, P., Poline, J.-B., Le Bihan, D., & Cohen, L. (2004). Letter binding and invariant recognition of masked words : Behavioral and neuroimaging evidence. *Psychological Science, 15*(5), 307-313. <https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2004.00674.x>
- Dehaene, S., Le Clec'H, G., Poline, J.-B., Le Bihan, D., & Cohen, L. (2002). The visual word form area : A prelexical representation of visual words in the fusiform gyrus: *Neuroreport, 13*(3), 321-325. <https://doi.org/10.1097/00001756-200203040-00015>
- Dehaene, S., Pegado, F., Braga, L. W., Ventura, P., Nunes Filho, G., Jobert, A., Dehaene-Lambertz, G., Kolinsky, R., Morais, J., & Cohen, L. (2010). How learning to read changes the cortical networks for vision and language. *Science (New York, N.Y.), 330*(6009), 1359-1364. <https://doi.org/10.1126/science.1194140>
- Delignières, D., & Duret, P. (1999). *Lexique thématique en sciences et techniques des activités physiques et sportives*. Vigot.
- Delignières, D., Teulier, C., & Nourrit, D. (2009). L'apprentissage des habiletés motrices complexes : Des coordinations spontanées à la coordination experte. *Bulletin de psychologie, Numéro 502*(4), 327-334.
- 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: The Official Journal of the National Academy of Neuropsychologists, 24*(6), 555-563. <https://doi.org/10.1093/arclin/acp044>
- Démonet, J.-F., Taylor, M. J., & Chaix, Y. (2004). Developmental dyslexia. *Lancet (London, England), 363*(9419), 1451-1460. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(04\)16106-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(04)16106-0)
- Demont, E., & 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>
- Dennison, P. (2006). *Apprendre par le mouvement*. Le Grand Livre du Mois.
- Dewey, D., & Tupper, D. E. (2004). *Developmental Motor Disorders : A Neuropsychological Perspective*. Guilford Press.
- Doya, K. (2000). Complementary roles of basal ganglia and cerebellum in learning and motor control. *Current Opinion in Neurobiology, 10*(6), 732-739. [https://doi.org/10.1016/s0959-4388\(00\)00153-7](https://doi.org/10.1016/s0959-4388(00)00153-7)
- Doyon, J., & Benali, H. (2005). Reorganization and plasticity in the adult brain during learning of motor skills. *Current Opinion in Neurobiology, 15*(2), 161-167. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2005.03.004>
- Doyon, J., Gabbitov, E., Vahdat, S., Lungu, O., & Boutin, A. (2018). Current issues related to motor sequence learning in humans. *Current Opinion in Behavioral Sciences, 20*, 89-97. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2017.11.012>
- Doyon, J., Korman, M., Morin, A., Dostie, V., Hadj Tahar, A., Benali, H., Karni, A., Ungerleider, L. G., & Carrier, J. (2009). Contribution of night and day sleep vs. Simple passage of time to the consolidation of motor sequence and visuomotor adaptation learning. *Experimental Brain Research, 195*(1), 15-26. <https://doi.org/10.1007/s00221-009-1748-y>

- Doyon, J., Orban, P., Barakat, M., Debas, K., Lungu, O., Albouy, G., Fogel, S., Proulx, S., Laventure, S., Deslauriers, J., Duchesne, C., Carrier, J., & Benali, H. (2011). Plasticité fonctionnelle du cerveau et apprentissage moteur—Imagerie et cognition (5). *médecine/sciences*, 27(4), Article 4. <https://doi.org/10.1051/medsci/2011274018>
- Doyon, J., Penhune, V., & Ungerleider, L. G. (2003). Distinct contribution of the cortico-striatal and cortico-cerebellar systems to motor skill learning. *Neuropsychologia*, 41(3), 252-262. [https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(02\)00158-6](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(02)00158-6)
- Dronkers, N. F. (1996). A new brain region for coordinating speech articulation. *Nature*, 384(6605), 159-161. <https://doi.org/10.1038/384159a0>
- Dufor, O., Serniclaes, W., Sprenger-Charolles, L., & Demonet, J. (2007). Top-down processes during auditory phoneme categorization in dyslexia : A PET study. *NeuroImage*, 34, 1692-1707. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.10.034>
- Dupré, E. P. (1910). *Débilité mentale et débilité motrice associées*. H. Delarue, libraire-éditeur.
- Dupuy, O. (2021, mars 16). Les effets de l'activité physique sur notre cerveau : Du neurone à notre fonctionnement cognitif. *La semaine du cerveau*. https://emf.fr/ec3_event/effet-de-la-pratique-sportive-sur-le-cerveau-et-les-emotions/
- Dupuy, O., Gauthier, C. J., Fraser, S. A., Desjardins-Crèpeau, L., Desjardins, M., Mekary, S., Lesage, F., Hoge, R. D., Pouliot, P., & Bherer, L. (2015). Higher levels of cardiovascular fitness are associated with better executive function and prefrontal oxygenation in younger and older women. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 66. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00066>
- Écalle, J., & Magnan, A. (2021). *L'apprentissage de la lecture et ses difficultés—3e éd.* (3e édition). Dunod.
- Epelbaum, S., Pinel, P., Gaillard, R., Delmaire, C., Perrin, M., Dupont, S., Dehaene, S., & Cohen, L. (2008). Pure alexia as a disconnection syndrome : New diffusion imaging evidence for an old concept. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 44(8), 962-974. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2008.05.003>
- Erickson, K. I., Prakash, R. S., Voss, M. W., Chaddock, L., Hu, L., Morris, K. S., White, S. M., Wójcicki, T. R., McAuley, E., & Kramer, A. F. (2009). Aerobic fitness is associated with hippocampal volume in elderly humans. *Hippocampus*, 19(10), 1030-1039. <https://doi.org/10.1002/hipo.20547>
- Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., Kim, J. S., Heo, S., Alves, H., White, S. M., Wojcicki, T. R., Mailey, E., Vieira, V. J., Martin, S. A., Pence, B. D., Woods, J. A., McAuley, E., & Kramer, A. F. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(7), 3017-3022. <https://doi.org/10.1073/pnas.1015950108>
- Eveland-Sayers, B. M., Farley, R. S., Fuller, D. K., Morgan, D. W., & Caputo, J. L. (2009). Physical fitness and academic achievement in elementary school children. *Journal of Physical Activity & Health*, 6(1), 99-104. <https://doi.org/10.1123/jpah.6.1.99>
- Famose, J.-P. (Éd.). (1993). *Cognition et performance*. INSEP publications.
- Farfel, W. S. (1979). Sensomotorische und physische Fähigkeiten. Zur motorischen Begabung von Kindern. *Leistungssport*, 9(1), S. 31-34.

- Fayol, M. (2003). La compréhension : Évaluation, difficultés et intervention. *Conférence de consensus*, 11.
- Ferré, J., Philippe, B., Leroux, P., & Sanou, B. (1999). *Dictionnaire des APS*. Amphora.
- Fijalkow, J. (2003). Dyslexie : Le retour. *Les Dossiers des Sciences de l'Éducation*, 9(1), 121-135. <https://doi.org/10.3406/dsedu.2003.992>
- Fijalkow, J. (2001, décembre). *PSYCHOLOGIE & EDUCATION N° 47 - Paul Messerschmitt : Approche psychologique de la population des dyslexiques. Dyslexie: le retour*. 47, 111-128.
- Fisher, A. G., Murray, E., & Bundy, A. (1991). *Sensory Integration : Theory and Practice*. F.A. Davis Company.
- Fostick, L., & Revah, H. (2018). Dyslexia as a multi-deficit disorder : Working memory and auditory temporal processing. *Acta Psychologica*, 183, 19-28. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2017.12.010>
- Foucambert, J. (1974). Apprentissage et enseignement de la lecture. *Communication & Langages*, 24(1), 46-59. <https://doi.org/10.3406/colan.1974.4154>
- Frackowiak, R. S., Hassen, B., Lamielle, J. C., & Lehericy, S. (2018). *Le grand Atlas du cerveau*. Glénat Livres.
- Frey, A., Lessard, A., Carchon, I., Provasi, J., & Pulido, L. (2022). Rhythmic training, literacy, and graphomotor skills in kindergarteners. *Frontiers in Psychology*, 13, 959534. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.959534>
- Frey, G. (1977). Zur Terminologie und Struktur physischer Leistungsfaktoren und motorischer Fähigkeiten. *Leistungssport*, 7(5), S. 339-362, 3 Darst.
- Frith, U. (1985). « *Beneath the Surface of Developmental Dyslexia*. » In *Surface Dyslexia*. Ed. By Patterson, K., Coltheart, M. and Marshall, J. London : Lawrence Erlbaum: 301-330.
- Galaburda, A. M., & Kemper, T. L. (1979). Cytoarchitectonic abnormalities in developmental dyslexia : A case study. *Annals of Neurology*, 6(2), 94-100. <https://doi.org/10.1002/ana.410060203>
- Galaburda, A., Sherman, G., Rosen, G., Aboitiz, F., & Geschwind, N. (1985). Developmental dyslexia : Four consecutive patients with cortical anomalies. *Annals of neurology*, 18, 222-233. <https://doi.org/10.1002/ana.410180210>
- Galobardès, A. (2017, octobre 31). *16 % de gauchers ?* <https://www.lesgauchers.com/informations/gaucher-16-pour-cent>
- Garcia, S. (2013). *À l'école des dyslexiques*. La Découverte.
- Gauthier, C. J., Lefort, M., Mekary, S., Desjardins-Crépeau, L., Skimminge, A., Iversen, P., Madjar, C., Desjardins, M., Lesage, F., Garde, E., Frouin, F., Bherer, L., & Hoge, R. D. (2015). Hearts and minds : Linking vascular rigidity and aerobic fitness with cognitive aging. *Neurobiology of Aging*, 36(1), 304-314. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2014.08.018>
- Georgiewa, P., Rzanny, R., Gaser, C., Gerhard, U. J., Vieweg, U., Freesmeyer, D., Mentzel, H. J., Kaiser, W. A., & Blanz, B. (2002). Phonological processing in dyslexic children : A study combining functional imaging and event related potentials. *Neuroscience Letters*, 318(1), 5-8. [https://doi.org/10.1016/s0304-3940\(01\)02236-4](https://doi.org/10.1016/s0304-3940(01)02236-4)

- Georgiewa, P., Rzanny, R., Hopf, J. M., Knab, R., Glauche, V., Kaiser, W. A., & Blanz, B. (1999). fMRI during word processing in dyslexic and normal reading children. *Neuroreport*, *10*(16), 3459-3465. <https://doi.org/10.1097/00001756-199911080-00036>
- Geschwind, N., & Levitsky, W. (1968). Human brain : Left-right asymmetries in temporal speech region. *Science*, *161*(3837), 186-187. <https://doi.org/10.1126/science.161.3837.186>
- Geuze, R. H., & Kalverboer, A. F. (1994). Tapping a Rhythm : A Problem of Timing for Children Who Are Clumsy and Dyslexic? *Adapted Physical Activity Quarterly*, *11*(2), 203-213. <https://doi.org/10.1123/apaq.11.2.203>
- Ghaziri, J., Tucholka, A., Girard, G., Houde, J.-C., Boucher, O., Gilbert, G., Descoteaux, M., Lippé, S., Rainville, P., & Nguyen, D. K. (2017). The Corticocortical Structural Connectivity of the Human Insula. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, *27*(2), 1216-1228. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhv308>
- Giasson, J., & Vandecasteele, G. (2012). *La lecture : Apprentissage et difficultés* (01 éd.). De Boeck Education.
- Gillberg, C. (2003). Deficits in attention, motor control, and perception : A brief review. *Archives of Disease in Childhood*, *88*(10), 904-910. <https://doi.org/10.1136/adc.88.10.904>
- Gillberg, C., & Kadesjö, B. (2003). Why bother about clumsiness? The implications of having developmental coordination disorder (DCD). *Neural Plasticity*, *10*(1-2), 59-68. <https://doi.org/10.1155/NP.2003.59>
- Giot, J., Deneuville, A., & Quentel, J.-C. (2019). *La dyslexie, préoccupation sociale ou scientifique?* 13.
- Giraldo-Chica, M., Hegarty, J. P., & Schneider, K. A. (2015). Morphological differences in the lateral geniculate nucleus associated with dyslexia. *NeuroImage. Clinical*, *7*, 830-836. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2015.03.011>
- Glossaire_Cerveau_CP.pdf*. (s. d.). Consulté 30 octobre 2023, à l'adresse https://www.enfant-encyclopedie.com/sites/default/files/docs/glossaire/Glossaire_Cerveau_CP.pdf
- Godde, E., Bosse, M.-L., & Bailly, G. (2021). *Échelle MultiDimensionnelle de Fluence EMDF*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03208139>
- Goenarjo, R., Bosquet, L., Berryman, N., Metier, V., Perrochon, A., Fraser, S. A., & Dupuy, O. (2020). Cerebral Oxygenation Reserve : The Relationship Between Physical Activity Level and the Cognitive Load During a Stroop Task in Healthy Young Males. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(4), 1406. <https://doi.org/10.3390/ijerph17041406>
- Goigoux, R. (2022, février 15). Qu'est-ce que l'Éducation nationale appelle fluence ? (Épisode 2). *Les Cahiers pédagogiques*. <https://www.cahiers-pedagogiques.com/quest-ce-que-leducation-nationale-appelle-fluence-episode-2/>
- Goodgold-Edwards, S. A., & Cermak, S. A. (1990). Integrating motor control and motor learning concepts with neuropsychological perspectives on apraxia and developmental dyspraxia. *American Journal of Occupational Therapy*, *44*(5), 431-439. <https://doi.org/10.5014/ajot.44.5.431>
- Goswami, U., Huss, M., Mead, N., Fosker, T., & Verney, J. P. (2013). Perception of patterns of musical beat distribution in phonological developmental dyslexia : Significant

- longitudinal relations with word reading and reading comprehension. *Cortex*, 49(5), 1363-1376. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.05.005>
- Goswami, U., Thomson, J., Richardson, U., Stainthorp, R., Hughes, D., Rosen, S., & Scott, S. K. (2002). Amplitude envelope onsets and developmental dyslexia : A new hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(16), 10911-10916. <https://doi.org/10.1073/pnas.122368599>
- Gough, P. B., & Tunmer, W. E. (1986). Decoding, reading, and reading disability. *RASE: Remedial & Special Education*, 7(1), 6-10. <https://doi.org/10.1177/074193258600700104>
- Griffiths, S., & Frith, U. (2002). Evidence for an articulatory awareness deficit in adult dyslexics. *Dyslexia (Chichester, England)*, 8(1), 14-21. <https://doi.org/10.1002/dys.201>
- Gubbay, S. S. (1975). *The clumsy child : A study of developmental apraxic and agnosic ataxia*. W. B. Saunders C.
- Guilloux, R., & Revol, O. (2009). *L'effet domino « dys » : Limiter l'enchaînement des difficultés en repérant les troubles spécifiques des apprentissages et en aménageant sa pédagogie*. Chenelière Education.
- Habib, M. (2015). *La constellation des dys : Bases Neurologiques de l'Apprentissage et de Ses Troubles* (1re éd.). De Boeck.
- Hahn, E. (1991). *Entraînement sportif des enfants (L')*. Vigot.
- Haines, C. (2003). Sequencing, co-ordination and rhythm ability in young children. *Child: Care, Health and Development*, 29(5), 395-409. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2214.2003.00358.x>
- Hajhajate, D., Kaufmann, B. C., Liu, J., Siuda-Krzywicka, K., & Bartolomeo, P. (2022). The connectional anatomy of visual mental imagery : Evidence from a patient with left occipito-temporal damage. *Brain Structure & Function*, 227(9), 3075-3083. <https://doi.org/10.1007/s00429-022-02505-x>
- Hämäläinen, J., Leppänen, P. H. T., Torppa, M., Müller, K., & Lyytinen, H. (2005). Detection of sound rise time by adults with dyslexia. *Brain and Language*, 94(1), 32-42. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2004.11.005>
- Hämäläinen, J., Salminen, H., & Leppanen, P. (2012). Basic Auditory Processing Deficits in Dyslexia : Systematic Review of the Behavioral and Event-Related Potential/Field Evidence. *Journal of learning disabilities*, 46. <https://doi.org/10.1177/0022219411436213>
- Hébert, C. (2012). *All diamond and diamond/carbon nanotube composite electrode for neurophysiological studies : Form the material to the interfacial devices*.
- Heilman, K. M., Voeller, K., & Alexander, A. W. (1996). Developmental dyslexia : A motor-articulatory feedback hypothesis. *Annals of Neurology*, 39(3), 407-412. <https://doi.org/10.1002/ana.410390323>
- Helenius, P., Tarkiainen, A., Cornelissen, P., Hansen, P. C., & Salmelin, R. (1999). Dissociation of normal feature analysis and deficient processing of letter-strings in dyslexic adults. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 9(5), 476-483. <https://doi.org/10.1093/cercor/9.5.476>

- Hikosaka, O., Nakamura, K., Sakai, K., & Nakahara, H. (2002). Central mechanisms of motor skill learning. *Current Opinion in Neurobiology*, *12*(2), 217-222. [https://doi.org/10.1016/s0959-4388\(02\)00307-0](https://doi.org/10.1016/s0959-4388(02)00307-0)
- Hirtz, P. (1979). Koordinativ-motorische Vervollkommnung der Kinder und Jugendlichen. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, *28*(1), S. 11-16.
- Hirtz, P. (1981). Koordinative Fähigkeiten—Kennzeichnung, Alternsgang und Beeinflussungsmöglichkeiten. *Medizin und Sport*, *21*(11), S. 348-351.
- Hoefl, F., Hernandez, A., McMillon, G., Taylor-Hill, H., Martindale, J., Meyler, A., Keller, T., Siok, W. T., Deutsch, G., Just, M., Whitfield-Gabrieli, S., & Gabrieli, J. (2006). Neural Basis of Dyslexia : A Comparison between Dyslexic and Nondyslexic Children Equated for Reading Ability. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, *26*, 10700-10708. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4931-05.2006>
- Hollmann, W., & Hettinger, T. (1980). *Sportmedizin : Arbeits- und Trainingsgrundlagen*. (New York : Schattauer,; Édition : 2., neu bearb. Aufl.). Stuttgart.
- Hoover, W. A., & Gough, P. B. (1990). The simple view of reading. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, *2*(2), 127-160. <https://doi.org/10.1007/BF00401799>
- Hotz, A., & Weineck, J. (1983). *Optimales Bewegungslernen*. Perimed Fachbuch-Verlagsgesellschaft.
- ICD-11—Mortality and Morbidity Statistics. (s. d.). Consulté 3 janvier 2020, à l'adresse <https://icd.who.int/browse11/1-m/en#/http://id.who.int/icd/entity/1008636089>
- INSERM. (s. d.). *Croissance et troubles de la croissance* [Organisme de recherche scientifique public dédié à la santé humaine]. Inserm - La science pour la santé. Consulté 4 août 2020, à l'adresse <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/croissance-et-troubles-croissance>
- Ishihara, T., Sugawara, S., Matsuda, Y., & Mizuno, M. (2017). Improved executive functions in 6-12-year-old children following cognitively engaging tennis lessons. *Journal of Sports Sciences*, *35*(20), 2014-2020. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1250939>
- Ivry, R. B., & Justus, T. C. (2001). A neural instantiation of the motor theory of speech perception. *Trends in Neurosciences*, *24*(9), 513-515. [https://doi.org/10.1016/s0166-2236\(00\)01897-x](https://doi.org/10.1016/s0166-2236(00)01897-x)
- Jobard, G., Crivello, F., & Tzourio-Mazoyer, N. (2003). Evaluation of the dual route theory of reading : A metaanalysis of 35 neuroimaging studies. *NeuroImage*, *20*(2), 693-712. [https://doi.org/10.1016/S1053-8119\(03\)00343-4](https://doi.org/10.1016/S1053-8119(03)00343-4)
- Johnson, N. F., Kim, C., Clasey, J. L., Bailey, A., & Gold, B. T. (2012). Cardiorespiratory fitness is positively correlated with cerebral white matter integrity in healthy seniors. *NeuroImage*, *59*(2), 1514-1523. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.08.032>
- Jover, M., Ducrot, S., Huau, A., Bellocchi, S., Brun-Henin, F., & Mancini, J. (2013). Les troubles moteurs chez les enfants dyslexiques : Revue de travaux et perspectives. *Enfance*, *N° 4*(4), 323-347.
- Kadesjö, B., & Gillberg, C. (1998). Attention deficits and clumsiness in Swedish 7-year-old children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *40*(12), 796-804. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1998.tb12356.x>

- Kaplan, B., Crawford, S., Cantell, M., Kooistra, L., & Dewey, D. (2006). Comorbidity, co-occurrence, continuum : What's in a name? *Child: Care, Health and Development*, 32(6), 723-731. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2214.2006.00689.x>
- Kaplan, B. J., Dewey, D. M., Crawford, S. G., & Wilson, B. N. (2001). The term comorbidity is of questionable value in reference to developmental disorders : Data and theory. *Journal of Learning Disabilities*, 34(6), 555-565. <https://doi.org/10.1177/002221940103400608>
- Kaplan, Wilson, Dewey, & Crawford. (1998). DCD may not be a discrete disorder. *Human Movement Science*, 17, 471-490. [https://doi.org/10.1016/S0167-9457\(98\)00010-4](https://doi.org/10.1016/S0167-9457(98)00010-4)
- King, J.-T., John, A. R., Wang, Y.-K., Shih, C.-K., Zhang, D., Huang, K.-C., & Lin, C.-T. (2022). Brain Connectivity Changes During Bimanual and Rotated Motor Imagery. *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*, 10, 2100408. <https://doi.org/10.1109/JTEHM.2022.3167552>
- Kleim, J. A., Swain, R. A., Armstrong, K. A., Napper, R. M. A., Jones, T. A., & Greenough, W. T. (1998). Selective Synaptic Plasticity within the Cerebellar Cortex Following Complex Motor Skill Learning. *Neurobiology of Learning and Memory*, 69(3), 274-289. <https://doi.org/10.1006/nlme.1998.3827>
- Klingberg, T., Hedehus, M., Temple, E., Salz, T., Gabrieli, J. D., Moseley, M. E., & Poldrack, R. A. (2000). Microstructure of temporo-parietal white matter as a basis for reading ability : Evidence from diffusion tensor magnetic resonance imaging. *Neuron*, 25(2), 493-500. [https://doi.org/10.1016/s0896-6273\(00\)80911-3](https://doi.org/10.1016/s0896-6273(00)80911-3)
- Krishnan, S., Watkins, K. E., & Bishop, D. V. M. (2016). Neurobiological Basis of Language Learning Difficulties. *Trends in Cognitive Sciences*, 20(9), 701-714. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.06.012>
- LaBerge, D., & Samuels, S. J. (1974). Toward a theory of automatic information processing in reading. *Cognitive Psychology*, 6(2), 293-323. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(74\)90015-2](https://doi.org/10.1016/0010-0285(74)90015-2)
- Lahire, B. (1993). *Culture écrite et Inégalités scolaires. Sociologie de l' "échec scolaire" à l'école primaire*. Presses Universitaires de Lyon.
- Lalain, M., Joly-Pottuz, B., Nguyen, N., & Habib, M. (2003). Dyslexia : The articulatory hypothesis revisited. *Brain and Cognition*, 53(2), 253-256. [https://doi.org/10.1016/s0278-2626\(03\)00121-0](https://doi.org/10.1016/s0278-2626(03)00121-0)
- Landrigan, J.-F., Bell, T., Crowe, M., Clay, O. J., & Mirman, D. (2020). Lifting cognition : A meta-analysis of effects of resistance exercise on cognition. *Psychological Research*, 84(5), 1167-1183. <https://doi.org/10.1007/s00426-019-01145-x>
- Langer, N., Peysakhovich, B., Zuk, J., Drottar, M., Sliva, D. D., Smith, S., Becker, B. L. C., Grant, P. E., & Gaab, N. (2017). White Matter Alterations in Infants at Risk for Developmental Dyslexia. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 27(2), 1027-1036. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhv281>
- Larousse, & Cerquiglini, B. (2019). *Grand Larousse Illustré 2020* (Edition 2020). Larousse.
- Latino, F., Cataldi, S., & Fischetti, F. (2021). Effects of a Coordinative Ability Training Program on Adolescents' Cognitive Functioning. *Frontiers in Psychology*, 12, 620440. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.620440>

- Le cerveau à tous les niveaux.* (s. d.). Broca, Wernicke et les autres aires du langage. Consulté 30 octobre 2023, à l'adresse https://lecerveau.mcgill.ca/flash/a/a_10/a_10_cr/a_10_cr_lan/a_10_cr_lan.html
- Le corps et les mouvements. (2015). *Fédération pour la Recherche sur le Cerveau (FRC)*. <https://www.frcneurodon.org/comprendre-le-cerveau/a-la-decouverte-du-cerveau/le-corps-et-les-mouvements/>
- Le Floch, A., & Ropars, G. (2017). Left-right asymmetry of the Maxwell spot centroids in adults without and with dyslexia. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1865), 20171380. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.1380>
- Le langage. (s. d.). *Fédération pour la Recherche sur le Cerveau (FRC)*. Consulté 30 octobre 2023, à l'adresse <https://www.frcneurodon.org/comprendre-le-cerveau/a-la-decouverte-du-cerveau/le-langage/>
- Liu-Ambrose, T., Nagamatsu, L. S., Graf, P., Beattie, B. L., Ashe, M. C., & Handy, T. C. (2010). Resistance training and executive functions : A 12-month randomized controlled trial. *Archives of Internal Medicine*, 170(2), 170-178. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2009.494>
- Lobier, M., Zoubrinetzky, R., & Valdois, S. (2012). The visual attention span deficit in dyslexia is visual and not verbal. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 48(6), 768-773. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2011.09.003>
- Ludyga, S., Gerber, M., Kamijo, K., Brand, S., & Pühse, U. (2018). The effects of a school-based exercise program on neurophysiological indices of working memory operations in adolescents. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(8), 833-838. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.01.001>
- Ludyga, S., Köchli, S., Pühse, U., Gerber, M., & Hanssen, H. (2019). Effects of a school-based physical activity program on retinal microcirculation and cognitive function in adolescents. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(6), 672-676. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.11.029>
- Lum, J., Ullman, M., & Conti-Ramsden, G. (2013). Procedural learning is impaired in dyslexia : Evidence from a meta-analysis of serial reaction time studies. *Research in Developmental Disabilities*, 34(10), 3460-3476. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.07.017>
- MacNeilage, P. F., & Davis, B. L. (2001). Motor mechanisms in speech ontogeny : Phylogenetic, neurobiological and linguistic implications. *Current Opinion in Neurobiology*, 11(6), 696-700. [https://doi.org/10.1016/s0959-4388\(01\)00271-9](https://doi.org/10.1016/s0959-4388(01)00271-9)
- Malfois, C. (2006). *Le mini-basket pour les enfants : L'apprentissage par le jeu : 75 fiches pratiques*. Editions Amphora.
- Mandal, A. (2019, février 26). *Théories de dyslexie*. News-Medical.Net. [https://www.news-medical.net/health/Dyslexia-Theories-\(French\).aspx](https://www.news-medical.net/health/Dyslexia-Theories-(French).aspx)
- Manno, R. (1992). *Les bases de l'entraînement sportif*. Editions EP&S.
- Marmion, J.-F. (2010). Un problème médical ou social ? Le point de vue contrasté de deux spécialistes, débat entre Jacques Fijalkow et Franck Ramus. *Sciences Humaines*, N°214(4), 17-17.

- Martelli, M., Di Filippo, G., Spinelli, D., & Zoccolotti, P. (2009). Crowding, reading, and developmental dyslexia. *Journal of Vision*, 9(4), 14.1-18.
<https://doi.org/10.1167/9.4.14>
- Mazaux, J.-M., Joseph, P.-A., Prouteau, A., Brun, V., & Collectif. (2016). *La cognition sociale*. Sauramps Médical.
- Mazeau, M. (2008). *Conduite du bilan neuropsychologique chez l'enfant* (2e édition). Elsevier Masson.
- Mazeau, M., & Pouhet, A. (2014). *Neuropsychologie et troubles des apprentissages chez l'enfant : Du développement typique aux dys-*. Elsevier Masson.
- Mccandliss, B., Cohen, L., & Dehaene, S. (2003). The Visual Word Form Area : Expertise for reading in the fusiform gyrus. *Trends in cognitive sciences*, 7, 293-299.
[https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(03\)00134-7](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(03)00134-7)
- Meinel, K., & Schnabel, G. (1987). *Bewegungslehre, Sportmotorik : Abriß einer Theorie der sportlichen Motorik unter pädagogischem Aspekt*. Volk und Wissen.
- Meirieu, P. (2007). *Note de lecture*.
http://www.ipubli.inserm.fr/bitstream/handle/10608/110/Notes_de_lecture.html
- Menghini, D., Hagberg, G. E., Petrosini, L., Bozzali, M., Macaluso, E., Caltagirone, C., & Vicari, S. (2008). Structural Correlates of Implicit Learning Deficits in Subjects with Developmental Dyslexia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1145(1), 212-221. <https://doi.org/10.1196/annals.1416.010>
- Mesulam, M.-M. (1990). Large-scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language, and memory. *Annals of Neurology*, 28(5), 597-613.
<https://doi.org/10.1002/ana.410280502>
- Meyer, S., Diard, J., & Valdois, S. (2018). Lecteurs, votre attention s'il vous plait ! Le rôle de l'attention visuelle en lecture. *ANAE - Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, 30, 697-705.
- Miellet, S. (2004). Médiation phonologique, accès lexical et contrôle oculomoteur en lecture. In [Http://www.theses.fr](http://www.theses.fr). Lille 3. <http://www.theses.fr/2004LIL30035>
- Miller, G. a, Galanter, E., & Pribram, K. H. (1960). *Plans and the Structure of Behavior*. Martino Fine Books.
- Milner, A., & Goodale, M. (1995). *The visual brain in action*.
<https://doi.org/10.7551/mitpress/7111.003.0023>
- Ministère de l'Éducation nationale, de la jeunesse et des sports. (s. d.). Consulté 23 août 2022, à l'adresse
[https://cache.media.eduscol.education.fr/file/Actualites/23/2/Lecture_écriture_version WEB_939232.pdf](https://cache.media.eduscol.education.fr/file/Actualites/23/2/Lecture_écriture_version_WEB_939232.pdf)
- Ministère de l'Éducation Nationale de la Jeunesse et des Sports. (2019a). *Le guide « Pour enseigner la lecture et l'écriture au CP »* [Site institutionnel]. Académie de Poitiers.
<https://ww2.ac-poitiers.fr/carep/spip.php?article196>
- Ministère de l'Éducation Nationale de la Jeunesse et des Sports. (2019b). *Pour enseigner la lecture et l'écriture au CP*. Ministère de l'Éducation Nationale de la Jeunesse et des Sports. <https://www.education.gouv.fr/4-priorites-pour-renforcer-la-maitrise-des-fondamentaux-9056>

- Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse. (2022a). *Travailler la fluence*.
<https://eduscol.education.fr/document/31165/download>
- Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse. (2022b). *Repères et références statistiques 2022 : Le premier degré sexe, âge et parcours*. Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse. <https://www.education.gouv.fr/reperes-et-references-statistiques-2022-326939>
- Mison, L., & Morvezen, A. (2006, juillet 6). *BILAN DES PRAXIES BUCCO-FACIALES EN LIEN AVEC L ALIMENTATION DE L ENFANT ATTEINT DE TRISOMIE 21 AGE DE 15 A 21 MOIS 6 ETUDES DE CAS - PDF Free Download*.
<https://docplayer.fr/37733182-Bilan-des-praxies-bucco-faciales-en-lien-avec-l-alimentation-de-l-enfant-atteint-de-trisomie-21-age-de-15-a-21-mois-6-etudes-de-cas.html>
- Mogasale, V. V., Patil, V. D., Patil, N. M., & Mogasale, V. (2012). Prevalence of specific learning disabilities among primary school children in a South Indian city. *Indian Journal of Pediatrics*, 79(3), 342-347. <https://doi.org/10.1007/s12098-011-0553-3>
- Molinaro, N., Lizarazu, M., Lallier, M., Bourguignon, M., & Carreiras, M. (2016). Out-of-synchrony speech entrainment in developmental dyslexia. *Human Brain Mapping*, 37, 2767-2783. <https://doi.org/10.1002/hbm.23206>
- Montgomery, D. (1981). Do dyslexics have difficulty accessing articulatory information? *Psychological Research*, 43(2), 235-243. <https://doi.org/10.1007/BF00309832>
- Monzalvo, K., & Dehaene-Lambertz, G. (2013). How reading acquisition changes children's spoken language network. *Brain and Language*, 127(3), 356-365.
<https://doi.org/10.1016/j.bandl.2013.10.009>
- Morel, S. (2014). *La médicalisation de l'échec scolaire*. La Dispute.
- Moret, A., & Mazeau, M. (2013). *Le syndrome dys-exécutif chez l'enfant et l'adolescent : Répercussion scolaires et comportementales*. Elsevier Masson.
- Motricité volontaire et plasticité. (s. d.). *lewebpédagogique*.
<https://lewebpedagogique.com/brefjailuleblogduprofdesvt/files/2015/06/Chapitre-13-MOTRICITE-VOLONTAIRE-ET-PLASTICITE-.pdf>
- Murrell, C. J., Cotter, J. D., Thomas, K. N., Lucas, S. J. E., Williams, M. J. A., & Ainslie, P. N. (2013). Cerebral blood flow and cerebrovascular reactivity at rest and during sub-maximal exercise : Effect of age and 12-week exercise training. *Age (Dordrecht, Netherlands)*, 35(3), 905-920. <https://doi.org/10.1007/s11357-012-9414-x>
- Naccache, L. (2018). *Parlez-vous cerveau*. Odile Jacob.
- Neisser, U. (1967). *Cognitive Psychology*. Appleton-Century-Crofts.
- Nicolson, R., & Fawcett, A. (2007). Procedural learning difficulties : Reuniting the developmental disorders? *Trends in neurosciences*, 30, 135-141.
<https://doi.org/10.1016/j.tins.2007.02.003>
- Nicolson, R., & Fawcett, A. J. (1990). Automaticity : A new framework for dyslexia research? *Cognition*, 35(2), 159-182. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(90\)90013-A](https://doi.org/10.1016/0010-0277(90)90013-A)
- Nicolson, R., Fawcett, A. J., Berry, E. L., Jenkins, I. H., Dean, P., & Brooks, D. J. (1999). Association of abnormal cerebellar activation with motor learning difficulties in

- dyslexic adults. *Lancet (London, England)*, 353(9165), 1662-1667.
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(98\)09165-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(98)09165-X)
- Nicolson, R., Fawcett, A. J., & Dean, P. (2001). Developmental dyslexia : The cerebellar deficit hypothesis. *Trends in Neurosciences*, 24(9), 508-511.
[https://doi.org/10.1016/s0166-2236\(00\)01896-8](https://doi.org/10.1016/s0166-2236(00)01896-8)
- Nieuwenhuys, R. (2012). The insular cortex : A review. *Progress in Brain Research*, 195, 123-163. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53860-4.00007-6>
- Niogi, S., & McCandliss, B. (2006). Left lateralized white matter microstructure accounts for individual differences in reading ability and disability. *Neuropsychologia*, 44, 2178-2188. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.011>
- Nuyts, E. (2000). *L'école des illusionnistes*. Elisabeth Nuyts.
- Nuyts, E. (2011). *Dyslexie, Dyscalculie, Dysorthographe, Troubles de la mémoire : Prévention et remèdes*. Elisabeth Nuyts.
- Passeron, J.-C., & Bourdieu, P. (1964). *Les héritiers : Les étudiants et la culture*. Les Editions de Minuit.
- Paulesu, E., Démonet, J. F., Fazio, F., McCrory, E., Chanoine, V., Brunswick, N., Cappa, S. F., Cossu, G., Habib, M., Frith, C. D., & Frith, U. (2001). Dyslexia : Cultural diversity and biological unity. *Science (New York, N.Y.)*, 291(5511), 2165-2167.
<https://doi.org/10.1126/science.1057179>
- Pauly, O. (2019). *Posture et coordination*. DE BOECK SUP.
- Pérez-Urbe, A. (1998). Artificial Neural Networks: Algorithms and Hardware Implementation. In *Bio-Inspired Computing Machines : Toward Novel Computational Architectures* by D. Mange & M. Tomassini (PPUR Press, p. 289-316).
- Peterson, R. L., & Pennington, B. F. (2015). Developmental dyslexia. *Annual Review of Clinical Psychology*, 11, 283-307. <https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-032814-112842>
- Piaget, J. (1969). *The Psychology Of The Child*. Basic Books.
- Pikulski, J., & Chard, D. (2005). Fluency : Bridge Between Decoding and Reading Comprehension. *Reading Teacher - READ TEACH*, 58, 510-519.
<https://doi.org/10.1598/RT.58.6.2>
- Platonov, V. N. (1988). *L'entraînement sportif, théorie et méthodologie*. Revue EPS.
- Posner, M. (1980). Orienting of Attention. *The Quarterly journal of experimental psychology*, 32, 3-25. <https://doi.org/10.1080/00335558008248231>
- Posner, M. I., & Raichle, M. E. (1998). *L'esprit en images*. De Boeck.
- Pradet, M. (1996). *La préparation physique*. INSEP DIFFUSION.
- Price, C. J., & Devlin, J. T. (2003). The myth of the visual word form area. *NeuroImage*, 19(3), 473-481. [https://doi.org/10.1016/s1053-8119\(03\)00084-3](https://doi.org/10.1016/s1053-8119(03)00084-3)
- Qian, Y., & Bi, H.-Y. (2015). The effect of magnocellular-based visual-motor intervention on Chinese children with developmental dyslexia. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2015.01529>

- Quercia, P. (2010). *Mouvements oculaires et lecture : Une revue bibliographique*. EM-Consulte. <https://www.em-consulte.com/article/257506/mouvements-oculaires-et-lecture-une-revue-bibliogr>
- Quillian, M. R. (1966). *Semantic Memory*. Air Force Cambridge Research Laboratories, Office of Aerospace Research, United States Air Force.
- Rae, C., Harasty, J. A., Dzendrowskyj, T. E., Talcott, J. B., Simpson, J. M., Blamire, A. M., Dixon, R. M., Lee, M. A., Thompson, C. H., Styles, P., Richardson, A. J., & Stein, J. F. (2002). Cerebellar morphology in developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, 40(8), 1285-1292. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(01\)00216-0](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(01)00216-0)
- Ramus, F. (2018). Difficultés en lecture et dyslexie : Comment intervenir avant même un diagnostic ? *Administration Education*, N° 157(1), 109-117.
- Ramus, F., Rosen, S., Dakin, S. C., Day, B. L., Castellote, J. M., White, S., & Frith, U. (2003). Theories of developmental dyslexia : Insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain: A Journal of Neurology*, 126(Pt 4), 841-865. <https://doi.org/10.1093/brain/awg076>
- Rauner, R. R., Walters, R. W., Avery, M., & Wanser, T. J. (2013). Evidence that aerobic fitness is more salient than weight status in predicting standardized math and reading outcomes in fourth- through eighth-grade students. *The Journal of Pediatrics*, 163(2), 344-348. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2013.01.006>
- Richardson, U., Thomson, J., Scott, S., & Goswami, U. (2004). Auditory processing skills and phonological representation in Dyslexic children. *Dyslexia (Chichester, England)*, 10, 215-233. <https://doi.org/10.1002/dys.276>
- Richlan, F., Kronbichler, M., & Wimmer, H. (2011). Meta-analyzing brain dysfunctions in dyslexic children and adults. *NeuroImage*, 56(3), 1735-1742. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.02.040>
- Rigal, R. (2005a). *Motricité humaine : Fondements et applications pédagogiques: Tome 1, Neurophysiologie perceptivomotrice* (3e édition). Presses de l'Université du Québec.
- Rigal, R. (2005b). *Motricité humaine : Fondements et applications pédagogiques : Tome 2, Développement moteur* (3e édition). Presses de l'Université du Québec.
- Rigal, R. (2011). *Motricité humaine - Tome 3 : Actions motrices et apprentissages scolaires, 2e édition*. PUQ.
- Rosenblum, S., & Regev, N. (2013). Timing abilities among children with developmental coordination disorders (DCD) in comparison to children with typical development. *Research in Developmental Disabilities*, 34(1), 218-227. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2012.07.011>
- Rumsey, J. M., Nace, K., Donohue, B., Wise, D., Maisog, J. M., & Andreason, P. (1997). A positron emission tomographic study of impaired word recognition and phonological processing in dyslexic men. *Archives of Neurology*, 54(5), 562-573. <https://doi.org/10.1001/archneur.1997.00550170042013>
- Saksida, A., Iannuzzi, S., Bogliotti, C., Chaix, Y., Démonet, J.-F., Bricout, L., Billard, C., Nguyen-Morel, M.-A., Le Heuzey, M.-F., Soares-Boucaud, I., George, F., Ziegler, J. C., & Ramus, F. (2016). Phonological skills, visual attention span, and visual stress in developmental dyslexia. *Developmental Psychology*, 52(10), 1503-1516. <https://doi.org/10.1037/dev0000184>

- Savournin, F. (2013). 9. L'indice vitesse de traitement (IVT). *Aide-Memoire, 2e éd.*, 79-85.
- Saygin, Z. M., Norton, E. S., Osher, D. E., Beach, S. D., Cyr, A. B., Ozernov-Palchik, O., Yendiki, A., Fischl, B., Gaab, N., & Gabrieli, J. D. E. (2013). Tracking the roots of reading ability : White matter volume and integrity correlate with phonological awareness in prereading and early-reading kindergarten children. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 33(33), 13251-13258. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4383-12.2013>
- Schéma fonctionnel d'une synapse—Assistance scolaire personnalisée et gratuite—ASP.* (s. d.). Consulté 23 octobre 2023, à l'adresse https://www.assistancescolaire.com/enseignant/college/ressources/base-documentaire-en-sciences/schema-fonctionnel-d-une-synapse-1_w401i01/print?print=1&printSheet=1
- Schendan, H. E., Searl, M. M., Melrose, R. J., & Stern, C. E. (2003). An fMRI study of the role of the medial temporal lobe in implicit and explicit sequence learning. *Neuron*, 37(6), 1013-1025. [https://doi.org/10.1016/s0896-6273\(03\)00123-5](https://doi.org/10.1016/s0896-6273(03)00123-5)
- Schmidt, M., Egger, F., & Conzelmann, A. (2015). Delayed positive effects of an acute bout of coordinative exercise on children's attention. *Perceptual and Motor Skills*, 121(2), 431-446. <https://doi.org/10.2466/22.06.PMS.121c22x1>
- Schmidt, R.-A. (1993). *Apprentissage moteur et performance*. Vigot.
- Seidenberg, M. S., & McClelland, J. L. (1989). *A Distributed, Developmental Model of Word Recognition and Naming*. PN.
- Seidenberg, M. S., & McClelland, J. L. (1989). A distributed, developmental model of word recognition and naming. *Psychological Review*, 96(4), 523-568. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.96.4.523>
- Serniclaes, W., Van Heghe, S., Mousty, P., Carré, R., & Sprenger-Charolles, L. (2004). Allophonic mode of speech perception in dyslexia. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87(4), 336-361. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2004.02.001>
- Seymour, P. H. K. (1986). *Cognitive Analysis Of Dyslexia*. Routledge.
- Shanahan, T., & Lonigan, C. J. (2010). The National Early Literacy Panel : A Summary of the Process and the Report. *Educational Researcher*, 39(4), 279-285. <https://doi.org/10.3102/0013189X10369172>
- Shaywitz, S. E., Shaywitz, B. A., Pugh, K. R., Fulbright, R. K., Constable, R. T., Mencl, W. E., Shankweiler, D. P., Liberman, A. M., Skudlarski, P., Fletcher, J. M., Katz, L., Marchione, K. E., Lacadie, C., Gatenby, C., & Gore, J. C. (1998). Functional disruption in the organization of the brain for reading in dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95(5), 2636-2641. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.5.2636>
- Sigmundsson, H. (2003). Perceptual deficits in clumsy children : Inter- and intra-modal matching approach--a window into clumsy behavior. *Neural Plasticity*, 10(1-2), 27-38. <https://doi.org/10.1155/NP.2003.27>
- Silani, G., Frith, U., Demonet, J.-F., Fazio, F., Perani, D., Price, C., Frith, C. D., & Paulesu, E. (2005). Brain abnormalities underlying altered activation in dyslexia : A voxel based morphometry study. *Brain: A Journal of Neurology*, 128(Pt 10), 2453-2461. <https://doi.org/10.1093/brain/awh579>

- Simonet, P. (1986). *Apprentissages moteurs : Processus et procédés d'acquisition*. Vigot.
- Simos, P., Breier, J., Fletcher, J., Bergman, E., & Papanicolaou, A. (2000). Cerebral mechanisms involved in word reading in dyslexic children : A magnetic source imaging approach. *Cerebral cortex (New York, N.Y. : 1991)*, *10*, 809-816. <https://doi.org/10.1093/cercor/10.8.809>
- Simos, P. G., Fletcher, J. M., Bergman, E., Breier, J. I., Foorman, B. R., Castillo, E. M., Davis, R. N., Fitzgerald, M., & Papanicolaou, A. C. (2002). Dyslexia-specific brain activation profile becomes normal following successful remedial training. *Neurology*, *58*(8), 1203-1213. <https://doi.org/10.1212/wnl.58.8.1203>
- Soppelsa, R., Albaret, J. M., & Corraze, J. (2009). *09T1227_EntretiensBichat_Psyco*. 16.
- SOS Éducation. (s. d.). Méthode de lecture [Association loi 1901]. *Méthode de lecture*. Consulté 23 septembre 2020, à l'adresse <https://soseducation.org/methode-de-lecture>
- Spinelli, D., De Luca, M., Judica, A., & Zoccolotti, P. (2002). Crowding effects on word identification in developmental dyslexia. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, *38*(2), 179-200. [https://doi.org/10.1016/s0010-9452\(08\)70649-x](https://doi.org/10.1016/s0010-9452(08)70649-x)
- Sprenger-Charolles, L., & Cole, P. (2013). *Lecture et dyslexie - 2e éd. - Approche cognitive : Approche cognitive (2e édition revue et corrigée)*. Dunod.
- Stanberry, L. I., Richards, T. L., Berninger, V. W., Nandy, R. R., Aylward, E. H., Maravilla, K. R., Stock, P. S., & Cordes, D. (2006). Low-frequency signal changes reflect differences in functional connectivity between good readers and dyslexics during continuous phoneme mapping. *Magnetic Resonance Imaging*, *24*(3), 217-229. <https://doi.org/10.1016/j.mri.2005.12.006>
- Starr, M. S., & Rayner, K. (2001). Eye movements during reading : Some current controversies. *Trends in Cognitive Sciences*, *5*(4), 156-163. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01619-3](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01619-3)
- Stern, Y., MacKay-Brandt, A., Lee, S., McKinley, P., McIntyre, K., Razlighi, Q., Agarunov, E., Bartels, M., & Sloan, R. P. (2019). Effect of aerobic exercise on cognition in younger adults : A randomized clinical trial. *Neurology*, *92*(9), e905-e916. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000007003>
- Stoodley, C. J. (2016). The Cerebellum and Neurodevelopmental Disorders. *Cerebellum (London, England)*, *15*(1), 34-37. <https://doi.org/10.1007/s12311-015-0715-3>
- Szabo, A. N., McAuley, E., Erickson, K. I., Voss, M., Prakash, R. S., Mailey, E. L., Wójcicki, T. R., White, S. M., Gothe, N., Olson, E. A., & Kramer, A. F. (2011). Cardiorespiratory fitness, hippocampal volume, and frequency of forgetting in older adults. *Neuropsychology*, *25*(5), 545-553. <https://doi.org/10.1037/a0022733>
- Tajan, A., & Volard, R. (1971). *Pourquoi des dyslexiques ? - Dyslexie et rééducation*. Payot , Petite Bibliothèque Payot.
- Talcott, J., Witton, C., McLean, M., Hansen, P., Rees, A., Green, G., & Stein, J. (2000). Dynamic sensory sensitivity and children's word decoding skills. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *97*, 2952-2957. <https://doi.org/10.1073/pnas.040546597>
- Tallal, P. (1980). Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children. *Brain and Language*, *9*(2), 182-198. [https://doi.org/10.1016/0093-934X\(80\)90139-X](https://doi.org/10.1016/0093-934X(80)90139-X)

- Tallal, P., Miller, S. L., Bedi, G., Byma, G., Wang, X., Nagarajan, S. S., Schreiner, C., Jenkins, W. M., & Merzenich, M. M. (1996). Language comprehension in language-learning impaired children improved with acoustically modified speech. *Science*, *271*(5245), 81-84. <https://doi.org/10.1126/science.271.5245.81>
- Tarkiainen, A., Cornelissen, P. L., & Salmelin, R. (2002). Dynamics of visual feature analysis and object-level processing in face versus letter-string perception. *Brain: A Journal of Neurology*, *125*(Pt 5), 1125-1136. <https://doi.org/10.1093/brain/awf112>
- The Human Protein Atlas. (s. d.). *The Human Protein Atlas* [The Human Protein Atlas]. The Human Protein Atlas. Consulté 28 juillet 2022, à l'adresse <https://www.proteinatlas.org/ENSG00000115364-MRPL19>
- Thiebaut de Schotten, M., Urbanski, M., Batrancourt, B., Levy, R., Dubois, B., Cerliani, L., & Volle, E. (2017). Rostro-caudal Architecture of the Frontal Lobes in Humans. *Cerebral Cortex*, *27*(8), 4033-4047. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhw215>
- 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), 120-129. <https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2008.03.007>
- Tous à l'école. (2015). *Dyslexie et dysorthographe*. Tous à l'école. <https://www.tousalecole.fr/content/dyslexie-et-dysorthographe#toc-quelques-chiffres>
- Travailler la fluence*. (s. d.). Consulté 31 octobre 2023, à l'adresse <https://eduscol.education.fr/document/31165/download>
- Tulving, E., & Donaldson, W. (1972). *Organization of Memory*. Academic Press Inc.
- Usito. (s. d.). *Usito*. Usito. Consulté 17 avril 2023, à l'adresse <https://usito.usherbrooke.ca/définitions/moteur>
- Vaivre-Douret, L. (2006). *NP-MOT. Batterie d'évaluations des fonctions neuro-psychomotrices de l'enfant*. ECPA - Editions du Centre de Psychologie Appliquée. http://www.cra-rhone-alpes.org/cid/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=26285
- Vaivre-Douret, L. (2007). Batterie d'évaluations des fonctions neuro-psychomotrices de l'enfant. *Le Carnet PSY*, *n° 115*(2), 27-27.
- Valdois, S. (2015). *Troubles de l'empan visuo-attentionnel dans les dyslexies développementales : De la théorie à la pratique clinique*. In S. Chokron & J.F. Démonet (Eds). *Approche neuropsychologique des troubles des apprentissages* (p.91-116). Solal Editeurs.
- Valdois, S., Lassus-Sangosse, D., & Lobier, M. (2012). Impaired letter-string processing in developmental dyslexia : What visual-to-phonology code mapping disorder? *Dyslexia (Chichester, England)*, *18*(2), 77-93. <https://doi.org/10.1002/dys.1437>
- Van Der Mark, S., Klaver, P., Bucher, K., Maurer, U., Schulz, E., Brem, S., Martin, E., & Brandeis, D. (2011). The left occipitotemporal system in reading : Disruption of focal fMRI connectivity to left inferior frontal and inferior parietal language areas in children with dyslexia. *NeuroImage*, *54*(3), 2426-2436. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.10.002>
- Van Waelvelde, H., De Weerd, W., De Cock, P., Janssens, L., Feys, H., & Smits Engelsman, B. C. M. (2006). Parameterization of movement execution in children with developmental coordination disorder. *Brain and Cognition*, *60*(1), 20-31. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2005.08.004>

- Van Zomeren, A. H. V., Brouwer, W. H., & Zomeren, A. H. van. (1994). *Clinical Neuropsychology of Attention*. Oxford University Press Inc.
- Vandenberghe, R., Price, C., Wise, R., Josephs, O., & Frackowiak, R. S. (1996). Functional anatomy of a common semantic system for words and pictures. *Nature*, 383(6597), 254-256. <https://doi.org/10.1038/383254a0>
- Vandermosten, M., Boets, B., Poelmans, H., Sunaert, S., Wouters, J., & Ghesquière, P. (2012). A tractography study in dyslexia : Neuroanatomic correlates of orthographic, phonological and speech processing. *Brain: A Journal of Neurology*, 135(Pt 3), 935-948. <https://doi.org/10.1093/brain/awr363>
- Vidyasagar, T. R., & Pammer, K. (2010). Dyslexia : A deficit in visuo-spatial attention, not in phonological processing. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(2), 57-63. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2009.12.003>
- Voies visuelles, champ, aire visuelle—Banque de Schémas—SVT - Académie de Dijon*. (s. d.). Consulté 30 octobre 2023, à l'adresse <http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/spip.php?article2901>
- Volman, M. J. M., Laroy, M. E., & Jongmans, M. J. (2006). Rhythmic coordination of hand and foot in children with Developmental Coordination Disorder. *Child: Care, Health and Development*, 32(6), 693-702. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2214.2006.00679.x>
- Walker, M. P., Brakefield, T., Morgan, A., Hobson, J. A., & Stickgold, R. (2002). Practice with sleep makes perfect : Sleep-dependent motor skill learning. *Neuron*, 35(1), 205-211. [https://doi.org/10.1016/s0896-6273\(02\)00746-8](https://doi.org/10.1016/s0896-6273(02)00746-8)
- Weineck, & Handschuh. (1992). *Biologie du sport*. Vigot.
- Weineck, J. (1992). *Biologie du sport / Jürgen Weineck ; trad. De l'allemand par Robert Handschuh*. Vigot. Paris.
- Weineck, J. (1996). *MANUEL D'ENTRAÎNEMENT. : Physiologie de la performance sportive et de son développement dans l'entraînement de l'enfant et de l'adolescent, 4ème édition révisée et augmentée*. Vigot.
- Whitall, J., Chang, T.-Y., Horn, C. L., Jung-Potter, J., McMenamin, S., Wilms-Floet, A., & Clark, J. E. (2008). Auditory-motor coupling of bilateral finger tapping in children with and without DCD compared to adults. *Human movement science*, 27(6), 914-931. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2007.11.007>
- Williams, D. M., & Lind, S. E. (2013). Comorbidity and diagnosis of developmental disorders. In C. Marshall (Éd.), *Current issues in developmental psychology* (p. 19-45). Psychology Press (Routledge). <https://www.routledge.com/Current-Issues-in-Developmental-Disorders/Marshall/p/book/9781848720848>
- Williamson, A., & Feyer, A. (2000). Moderate sleep deprivation produces impairments in cognitive and motor performance equivalent to legally prescribed levels of alcohol intoxication. *Occupational and Environmental Medicine*, 57(10), 649-655. <https://doi.org/10.1136/oem.57.10.649>
- Wilson, P. H., & McKenzie, B. E. (1998). Information processing deficits associated with developmental coordination disorder : A meta-analysis of research findings. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 39(6), 829-840.

- Wise, R. J., Greene, J., Büchel, C., & Scott, S. K. (1999). Brain regions involved in articulation. *Lancet (London, England)*, 353(9158), 1057-1061. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(98\)07491-1](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(98)07491-1)
- World Federation of Neurology. (s. d.). <https://wfneurology.org/>
- World Health Organization (Éd.). (2001). *Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé : CIF*.
- Xu, Y., Zhang, W., Zhang, H., Wang, L., Luo, Y., & Ni, G. (2022). Association between tennis training experience and executive function in children aged 8-12. *Frontiers in Human Neuroscience*, 16, 924809. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.924809>
- Yan, J. H., Thomas, J. R., & Thomas, K. T. (1998). Children's Age Moderates the Effect of Practice Variability : A Quantitative Review. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 69(2), 210-215. <https://doi.org/10.1080/02701367.1998.10607686>
- Yeatman, J. D., Dougherty, R. F., Rykhlevskaia, E., Sherbondy, A. J., Deutsch, G. K., Wandell, B. A., & Ben-Shachar, M. (2011). Anatomical properties of the arcuate fasciculus predict phonological and reading skills in children. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(11), 3304-3317. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00061
- Yuki, A., Lee, S., Kim, H., Kozakai, R., Ando, F., & Shimokata, H. (2012). Relationship between physical activity and brain atrophy progression. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(12), 2362-2368. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182667d1d>
- Zendreras, N. (2017). *Le sommeil : Des rôles fondamentaux. Les biorythmes et les apprentissages*. In P. Toscani, *Les neurosciences de l'éducation : De la théorie à la pratique dans la classe* (2ème édition, déc 2017)). Chronique Sociale.
- Zendreras, N., Freixa Niella, M., & Grangereau, I. (2015). Politiques éducatives inclusives dans le supérieur en Espagne et en France Approche comparative [Nouvelles problématiques du handicap : Une approche franco-latino-américaine]. *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*, 69(1), 73-89. <https://doi.org/10.3917/nras.069.0073>
- Zhao, J., Thiebaut de Schotten, M., Altarelli, I., Dubois, J., & Ramus, F. (2016). Altered hemispheric lateralization of white matter pathways in developmental dyslexia : Evidence from spherical deconvolution tractography. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 76, 51-62. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.12.004>
- Zwicker, J. G., Missiuna, C., & Boyd, L. A. (2009). Neural Correlates of Developmental Coordination Disorder : A Review of Hypotheses: *Journal of Child Neurology*. <https://doi.org/10.1177/0883073809333537>
- Zwicker, J. G., Missiuna, C., Harris, S. R., & Boyd, L. A. (2010). Brain activation of children with developmental coordination disorder is different than peers. *Pediatrics*, 126(3), e678-686. <https://doi.org/10.1542/peds.2010-0059>
- Zwicker, J., Missiuna, C., Harris, S., & Boyd, L. (2011). Brain activation associated with motor skill practice in children with developmental coordination disorder : An fMRI study. *International journal of developmental neuroscience : the official journal of the International Society for Developmental Neuroscience*, 29, 145-152. <https://doi.org/10.1016/j.ijdevneu.2010.12.002>

ANNEXES

Annexe 1 : Autorisation de mise à disposition des locaux

École Jeanne d'Arc

Le 30 juin 2022

29 rue Pierre Loti

17310 Saint Pierre d'Oléron

Je soussignée madame Henry, cheffe d'établissement de l'école Jeanne d'Arc située à Saint Pierre d'Oléron, autorise madame LAVIGNE-BONNIFET Aurélie, enseignante dans cette école et étudiante en formation doctorale à l'UCO d'Angers, à utiliser les infrastructures de l'établissement afin de réaliser le protocole expérimental de sa thèse doctorale.

Madame Henry,

ÉCOLE PRIVÉE JEANNE D'ARC
MATERNELLE - PRIMAIRE
29, Rue Pierre Loti
17310 ST PIERRE D'OLÉRON
Tél. 05 46 47 14 68

Annexe 2 : Questionnaire sur les participants

QUESTIONNAIRE D'INFORMATIONS

Codification :

Informations recueillies en amont du protocole expérimental :

Sexe :

Droitier ou gaucher :

Date de naissance : → ans etmois ou mois

Poids : Taille :

Niveau de classe :

Y a-t-il des personnes dyslexiques dans votre famille ? Oui / Non

Si oui, quel est le lien de parenté ?

Y a-t-il eu un redoublement ? Oui / Non

Si oui, quelle classe ?

Faites-vous du sport ? Oui / Non

Si oui, quel sport ? en club ?

Faites-vous de la musique en école de musique ? Oui / Non

Informations recueillies en aval du protocole expérimental :

Combien de séances d'orthophonie avez-vous réalisé durant la période du protocole expérimental ?

Avez-vous fait du sport durant la période du protocole expérimental ? Oui / Non

Si oui, à quelle fréquence ?

Type de dyslexie :

Annexe 3 : Attestations d'autorisation Cognisciences et ROLL

Formulaire "Envoi document par courriel" posté le 03/04/2019 à 09:55:25.
[Depuis cette page.](#)

Nom et Prénom

Bonnifet Aurelie

Profession

Professeure des écoles

Adresse électronique

aurbonnifet@yahoo.fr

Voici l'URL permettant d'accéder au document

http://www.cognisciences.com/IMG/Odedys2__04_2009.pdf

Envoi via le site [CogniSciences](#)

Le 27/08/2021 à 07:58, helene tachon a écrit :

Bonjour,

Merci de l'intérêt que vous portez à nos travaux et propositions de démarches.

Aucun problème! Vous pouvez inscrire votre classe pour utiliser le matériel proposé pour ce niveau mais consulter et utiliser également tout ce qui est proposé pour les autres niveaux. Ce site est en **accès absolument libre**...Il suffit de suivre les instructions pour vous inscrire. Notre groupe de recherche (le CIFODEM, conduit par le professeur Alain Bentolila) est en réflexion et expérimentation permanentes; le site ROLL va évoluer prochainement vers une organisation plus rigoureuse de son contenu: les protocoles des ateliers de compréhension de textes ont été réécrits, les textes-supports redistribués différemment, mais vous pouvez évidemment utiliser ce qui est en ligne actuellement.

N'hésitez surtout pas à me solliciter directement si vous avez la moindre interrogation et si vous me précisez votre problématique, je pourrai sans doute orienter vos recherches; je vous souhaite une bonne rentrée, cordialement,

Hélène Tachon

helene.tachon@orange.fr

Contact ROLL

Annexe 4 : Test de décodage à T0 destiné au participant

[Fiche de lecture destinée au participant]

Liste de mots CE2 CM1 CM2 à T0

Allons-y ! C'est parti !



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

Net	Sac	Rac
Galop	Congé	Gavin
Dolmen	Dorade	Caldon
Respect	Rigueur	Rigende
Bourg	Asile	Plour
Aiguille	Approche	Vatriche
Poêle	Piège	Pisal
Baptême	Bottine	Bertale
Oignon	Hausse	Aivron
Aquarelle	Astronome	Pacirande

Annexe 5 : Test de décodage à T0 destiné à la chercheuse

[Fiche de recueil destinée à la chercheuse]

Liste de mots CE2 CM1 CM2 à T0



Codification :

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

Net	Sac	Rac
Galop	Congé	Gavin
Dolmen	Dorade	Caldon
Respect	Rigueur	Rigende
Bourg	Asile	Plour
Aiguille	Approche	Vatriche
Poêle	Piège	Pisal
Baptême	Bottine	Bertale
Oignon	Hausse	Aivron
Aquarelle	Astronome	Pacirande

Score	/10	Score	/10	Score	/10
Temps		Temps		Temps	

Annexe 6 : Test de fluence et de compréhension à T0 destiné au participant

[Fiche de lecture destinée au participant]

Consigne lue par la chercheuse : Lis le texte à voix haute le mieux possible et jusqu'à ce que je te dise STOP au bout d'une minute. Ensuite, tu termineras de lire le texte tranquillement et je te poserai des questions dessus.

Les deux bossus

Il était une fois un vilain bossu. Il avait la tête qui penchait d'un côté et la bosse de l'autre. Mais la laideur n'avait pas touché son cœur. Le sourire ne le quittait jamais, et il s'émerveillait de tout. Chaque matin était pour lui le commencement du monde et chaque nuit étoilée la célébration de l'univers. C'était un bossu au cœur tendre.

Un jour, dès l'aube, il quitta sa maison et salua son voisin qui allait travailler. Il communiquait sa bonne humeur à tous ceux qu'il croisait. Quittant le village, il marcha au hasard jusqu'à une grotte. À l'heure de la sieste, il s'y abrita pour fuir la chaleur de la journée. Or, c'était un lieu secret où sept djinns venaient chanter pour rythmer les sept jours de la semaine car, entre autres charges, les génies ont pour mission de surveiller l'ordonnancement du temps. Ils n'avaient pas trouvé mieux pour garder le rythme que de le chanter en couplets. Ils formaient une ronde dans la grotte et s'adonnaient avec passion à leurs chants : lundi, mardi, mercredi...

Le bossu se réveilla. Enchanté par ce spectacle, il battit des mains à son tour et entra dans la ronde, puis se mit à improviser une chansonnette sur le même rythme avec des paroles si étranges que les génies en étaient tous amusés. Ils entourèrent le bossu et, pour le récompenser de la joie qu'il venait de leur offrir par sa fantaisie, ils le débarrassèrent en un clin d'œil de sa bosse. Personne ne reconnut l'homme radieux qui sortit de la grotte. Il rentra chez lui et conta son histoire à ses voisins émerveillés.

Or, il se trouvait que, dans un autre quartier, il y avait un autre bossu. Mais lui était tout le contraire du premier. Il était fourbe, orgueilleux et avait mauvais caractère. Quelques jours plus tard, il se dirigea à son tour vers la grotte et, à l'heure de la sieste, il vit apparaître la ronde des sept génies qui se mirent à chanter en chœur les sept jours de la semaine. Ils étaient tout à leur rythme lorsque le mauvais bossu, qui avait en plus une voix de crapaud, pénétra dans la ronde, incapable d'adapter ses pas, d'accompagner la musique, ou même de garder la rime. Ainsi, il avait rompu la chaîne du temps.

Désappointés et mécontents, les sept génies, en un clin d'œil, plantèrent la bosse du premier bossu sur la poitrine du deuxième qui rentra chez lui furieux, une bosse par-derrière, une bosse par-devant.

Annexe 7 : Test de fluence et de compréhension à T0 destiné à la chercheure

[Fiche de recueil destinée à la chercheure]

Codification :

S) Nombre de mots lus en 1 minute :

E) Nombre d'erreurs :

Mots Correctement Lus par Minute = MCLM = (S – E) =

Les deux bossus

Il était une fois un vilain bossu. Il avait la tête qui penchait d'un	14
côté et la bosse de l'autre. Mais la laideur n'avait pas touché son cœur.	28
Le sourire ne le quittait jamais, et il s'émerveillait de tout. Chaque matin	41
était pour lui le commencement du monde et chaque nuit étoilée la	53
célébration de l'univers. C'était un bossu au cœur tendre.	62

Un jour, dès l'aube, il quitta sa maison et salua son voisin qui	75
allait travailler. Il communiquait sa bonne humeur à tous ceux qu'il	86
croisait. Quittant le village, il marcha au hasard jusqu'à une grotte. À	98
l'heure de la sieste, il s'y abrita pour fuir la chaleur de la journée. Or,	113
c'était un lieu secret où sept djinns venaient chanter pour rythmer les	125
sept jours de la semaine car, entre autres charges, les génies ont pour	138
mission de surveiller l'ordonnancement du temps. Ils n'avaient pas	147
trouvé mieux pour garder le rythme que de le chanter en couplets. Ils	160
formaient une ronde dans la grotte et s'adonnaient avec passion à	171
leurs chants : lundi, mardi, mercredi...	176

Le bossu se réveilla. Enchanté par ce spectacle, il battit des 187
 mains à son tour et entra dans la ronde, puis se mit à improviser une 202
 chansonnette sur le même rythme avec des paroles si étranges que 213
 les génies en étaient tous amusés. Ils entourèrent le bossu et, pour le 226
 récompenser de la joie qu'il venait de leur offrir par sa fantaisie, ils le 240
 débarrassèrent en un clin d'œil de sa bosse. Personne ne reconnut 251
 l'homme radieux qui sortit de la grotte. Il rentra chez lui et conta son 265
 histoire à ses voisins émerveillés. 270

Or, il se trouvait que, dans un autre quartier, il y avait un autre 284
 bossu. Mais lui était tout le contraire du premier. Il était fourbe, 296
 orgueilleux et avait mauvais caractère. Quelques jours plus tard, il se 307
 dirigea à son tour vers la grotte et, à l'heure de la sieste, il vit apparaître 324
 la ronde des sept génies qui se mirent à chanter en chœur les sept 339
 jours de la semaine. Ils étaient tout à leur rythme lorsque le mauvais 352
 bossu, qui avait en plus une voix de crapaud, pénétra dans la ronde, 364
 incapable d'adapter ses pas, d'accompagner la musique, ou même de 375
 garder la rime. Ainsi, il avait rompu la chaîne du temps. 384

Désappointés et mécontents, les sept génies, en un clin d'œil, 394
 plantèrent la bosse du premier bossu sur la poitrine du deuxième qui 406
 rentra chez lui furieux, une bosse par-derrière, une bosse par-devant. 416

Annexe 8 : Questionnaire de compréhension à T0 destiné à la chercheure

[Fiche de recueil destinée à la chercheure]



Questionnaire

Les deux bossus

Codification :

Consigne lue par la chercheure : après avoir écouté la question posée, réponds oralement.

<p>1 Le bossu au cœur tendre s'endort dans la grotte :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> en pleine nuit <input type="checkbox"/> à l'heure de la sieste <input type="checkbox"/> en pleine journée <input type="checkbox"/> un samedi soir 	<p>9 « Le bossu s'abrita dans la grotte or c'était un lieu secret. » Le mot « or » veut dire :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> où <input type="checkbox"/> et <input type="checkbox"/> mais <input type="checkbox"/> donc
<p>2 « Le sourire ne le quittait jamais » veut dire :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> il ne pouvait jamais sourire <input type="checkbox"/> le sourire ne pouvait jamais s'en aller <input type="checkbox"/> il avait toujours le sourire <input type="checkbox"/> le sourire le quittait pour toujours 	<p>10 Ce texte raconte l'histoire :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> du génie d'Aladin <input type="checkbox"/> des génies qui se cachent dans des grottes <input type="checkbox"/> de deux bossus aux caractères très différents <input type="checkbox"/> de la vie pendant la guerre des djinns
<p>3 A quoi ressemble le bossu au cœur tendre ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> il a une bosse sur la tête <input type="checkbox"/> il a la tête qui penche d'un côté et une bosse de l'autre <input type="checkbox"/> il a deux bosses, une de chaque côté <input type="checkbox"/> il a de grands yeux rieurs 	<p>11 Pourquoi les génies n'aiment pas le deuxième bossu ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> parce qu'il est méchant <input type="checkbox"/> parce ce qu'il ne sait ni chanter ni danser <input type="checkbox"/> parce qu'il avait lui aussi une bosse <input type="checkbox"/> parce ce qu'il porte un chapeau ridicule
<p>4 Le bossu au cœur tendre a-t-il pu dormir ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> oui, jusqu'à l'arrivée des génies <input type="checkbox"/> oui, pendant la danse des génies <input type="checkbox"/> non, car il avait trop chaud <input type="checkbox"/> non, car il ne dormait jamais 	<p>12 « désappointé » veut dire :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> qui est surpris <input type="checkbox"/> qui est déçu <input type="checkbox"/> qui pointe du doigt <input type="checkbox"/> qui est danseur
<p>5 C'est l'histoire de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 2 hommes qui habitent dans le même quartier <input type="checkbox"/> 2 hommes qui vivent dans le même village <input type="checkbox"/> 2 hommes qui ne se connaissent pas <input type="checkbox"/> 2 génies qui vivent dans une grotte 	<p>13 Par quel autre mot désigne-t-on les génies ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> les chanteurs <input type="checkbox"/> les djinns <input type="checkbox"/> les bossus <input type="checkbox"/> les crapauds
<p>6 Le bossu au cœur tendre est heureux :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> pourtant il est laid <input type="checkbox"/> parce qu'il est laid <input type="checkbox"/> et il est laid <input type="checkbox"/> et malheureux 	<p>14 Comment réagissent les voisins quand le bossu raconte l'histoire ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> ils sont contents pour lui <input type="checkbox"/> ils sont émerveillés <input type="checkbox"/> ils n'y croient pas <input type="checkbox"/> ils se mettent à pleurer
<p>7 Quelques jours plus tard, le bossu au mauvais caractère se dirige vers :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> une deuxième grotte <input type="checkbox"/> la même grotte <input type="checkbox"/> un autre quartier <input type="checkbox"/> les sentiers perdus 	<p>15 A la fin du texte, pourquoi le deuxième bossu rentre-t-il furieux chez lui ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> parce qu'il déteste les génies <input type="checkbox"/> parce qu'il n'a pas fait la sieste <input type="checkbox"/> parce qu'il a une poussière dans l'œil <input type="checkbox"/> parce qu'il a maintenant deux bosses
<p>8 « se mit à improviser une chansonnette », cela signifie qu'il improvise :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> une petite chanson <input type="checkbox"/> une chanson qui sonne <input type="checkbox"/> une chanson honnête <input type="checkbox"/> une chanson douce 	<p>16 La morale de l'histoire est :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> la fin justifie les moyens <input type="checkbox"/> quand on a le rythme, on a de la chance <input type="checkbox"/> quand on sourit à la vie, la vie vous sourit <input type="checkbox"/> les génies n'aiment pas les bossus

→ espace/temps → syntaxe → sens littéral → inférence → personnages → logique du texte

→ lexique → compréhension générale

Annexe 9 : Réponses du questionnaire du texte « Les deux bossus »



Les deux bossus Corrigé

V : vrai, réponse juste.

PV : partiellement vrai, réponse reposant sur une indication absente du texte mais acceptable ou sur une information seulement partielle mais juste.

PF : partiellement faux, réponse reposant sur une information prélevée dans le texte mais fausse, ou sur l'interprétation d'une information absente du texte et incohérente.

F : faux, réponse strictement fausse.

1. Le bossu au cœur tendre s'endort dans la grotte :

- | | | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------|----|
| 1 | <input type="checkbox"/> | en pleine nuit. | PF |
| 2 | <input checked="" type="checkbox"/> | à l'heure de la sieste. | V |
| 3 | <input type="checkbox"/> | en pleine journée. | PV |
| 4 | <input type="checkbox"/> | un samedi soir. | F |

Espace/temps niveau 1

2. « Le sourire ne le quittait jamais » veut dire :

- | | | | |
|---|-------------------------------------|--|----|
| 5 | <input type="checkbox"/> | Il ne pouvait jamais sourire. | PF |
| 6 | <input type="checkbox"/> | Le sourire ne pouvait jamais s'en aller. | PV |
| 7 | <input checked="" type="checkbox"/> | Il avait toujours le sourire. | V |
| 8 | <input type="checkbox"/> | Le sourire le quittait pour toujours. | F |

Syntaxe niveau 1

3. A quoi ressemble le bossu au cœur tendre ?

- | | | | |
|----|-------------------------------------|--|----|
| 9 | <input type="checkbox"/> | Il a une bosse sur sa tête. | PF |
| 10 | <input checked="" type="checkbox"/> | Il a la tête qui penche d'un côté et une bosse de l'autre. | V |
| 11 | <input type="checkbox"/> | Il a deux bosses, une de chaque côté. | PV |
| 12 | <input type="checkbox"/> | Il a de grands yeux rieurs. | F |

Sens littéral niveau 1

4. Le bossu au cœur tendre a-t-il pu dormir ?

- | | | | |
|----|-------------------------------------|-----------------------------------|----|
| 13 | <input checked="" type="checkbox"/> | Oui jusqu'à l'arrivée des génies. | V |
| 14 | <input type="checkbox"/> | Oui, pendant la danse des génies. | PV |
| 15 | <input type="checkbox"/> | Non, car il avait trop chaud. | PF |
| 16 | <input type="checkbox"/> | Non, car il ne dort jamais. | F |

Inférence niveau 1

5. C'est l'histoire de :

- | | | | |
|----|-------------------------------------|--|----|
| 17 | <input type="checkbox"/> | deux hommes qui habitent le même quartier. | PF |
| 18 | <input checked="" type="checkbox"/> | deux hommes qui vivent dans le même village. | V |
| 19 | <input type="checkbox"/> | deux hommes qui ne se connaissent pas. | PV |
| 20 | <input type="checkbox"/> | deux génies qui vivent dans une grotte. | F |

Personnages niveau 1

6. Le bossu au cœur tendre est heureux :

- | | |
|--|----|
| 21 <input checked="" type="checkbox"/> pourtant il est laid. | V |
| 22 <input type="checkbox"/> parce qu'il est laid. | PF |
| 23 <input type="checkbox"/> et il est laid. | PV |
| 24 <input type="checkbox"/> et malheureux. | F |

Logique du texte niveau 1

7. Quelques jours plus tard, le bossu au mauvais caractère se dirige vers :

- | | |
|--|----|
| 25 <input type="checkbox"/> une deuxième grotte. | PV |
| 26 <input checked="" type="checkbox"/> la même grotte. | V |
| 27 <input type="checkbox"/> un autre quartier. | PF |
| 28 <input type="checkbox"/> les sentiers perdus. | F |

Espace/temps, niveau 2

8. « se mit à improviser une chansonnette », cela signifie qu'il improvise :

- | | |
|--|----|
| 29 <input checked="" type="checkbox"/> une petite chanson. | V |
| 30 <input type="checkbox"/> une chanson qui sonne. | PF |
| 31 <input type="checkbox"/> une chanson honnête. | F |
| 32 <input type="checkbox"/> une chanson douce. | PV |

Lexique niveau 1

9. «Le bossu s'abrita dans la grotte or c'était un lieu secret.» Le mot or veut dire :

- | | |
|--|----|
| 33 <input type="checkbox"/> où. | PF |
| 34 <input type="checkbox"/> et. | PV |
| 35 <input checked="" type="checkbox"/> mais. | V |
| 36 <input type="checkbox"/> donc. | F |

Syntaxe niveau 2

10. Ce texte raconte l'histoire :

- | | |
|---|----|
| 37 <input type="checkbox"/> Du génie d'Aladin. | PF |
| 38 <input type="checkbox"/> Des génies qui se cachent dans des grottes. | PV |
| 39 <input checked="" type="checkbox"/> De deux bossus aux caractères très différents. | V |
| 40 <input type="checkbox"/> De la vie pendant la guerre des djinns. | F |

Compréhension générale niveau 1

11. Pourquoi les génies n'aiment pas le deuxième bossu ?

- | | |
|--|----|
| 41 <input type="checkbox"/> Parce qu'il est méchant. | PV |
| 42 <input checked="" type="checkbox"/> Parce qu'il ne sait ni chanter ni danser. | V |
| 43 <input type="checkbox"/> Parce qu'il avait lui aussi avait une bosse. | PF |
| 44 <input type="checkbox"/> Parce qu'il porte un chapeau ridicule. | F |

Inférence niveau 2

12. « désappointé » veut dire :

- | | | |
|--|----------------------|----|
| 45 <input type="checkbox"/> | qui est surpris. | PV |
| 46 <input checked="" type="checkbox"/> | qui est déçu. | V |
| 47 <input type="checkbox"/> | qui pointe du doigt. | F |
| 48 <input type="checkbox"/> | qui est danseur. | PF |

Lexique niveau 2

13. Par quel autre mot désigne-t-on les génies ?

- | | | |
|--|----------------|----|
| 49 <input type="checkbox"/> | Les chanteurs. | PV |
| 50 <input checked="" type="checkbox"/> | Les djinns. | V |
| 51 <input type="checkbox"/> | Les bossus. | PF |
| 52 <input type="checkbox"/> | Les crapauds. | F |

Personnages niveau 2

14. Comment réagissent les voisins quand le bossu raconte son histoire ?

- | | | |
|--|-----------------------------|----|
| 53 <input type="checkbox"/> | Ils sont contents pour lui. | PV |
| 54 <input checked="" type="checkbox"/> | Ils sont émerveillés. | V |
| 55 <input type="checkbox"/> | Ils n'y croient pas. | PF |
| 56 <input type="checkbox"/> | Ils se mettent à pleurer. | F |

Sens littéral niveau 2

15. A la fin du texte, pourquoi le deuxième bossu rentre-t-il chez lui furieux ?

- | | | |
|--|---|----|
| 57 <input type="checkbox"/> | Parce qu'il déteste les génies. | PV |
| 58 <input type="checkbox"/> | Parce qu'il n'a pas fait la sieste. | PF |
| 59 <input type="checkbox"/> | Parce qu'il a une poussière dans l'œil. | F |
| 60 <input checked="" type="checkbox"/> | Parce qu'il a maintenant deux bosses. | V |

Logique du texte niveau 2

16. La morale de l'histoire est :

- | | | |
|--|---|----|
| 61 <input type="checkbox"/> | la fin justifie les moyens. | F |
| 62 <input type="checkbox"/> | quand on a le rythme, on a de la chance. | PV |
| 63 <input checked="" type="checkbox"/> | quand on sourit à la vie, la vie vous sourit. | V |
| 64 <input type="checkbox"/> | les génies n'aiment pas les bossus. | PF |

Compréhension générale niveau 2

Annexe 10 : Recueil des résultats des tests de coordination motrice à T0 et T2

Codification :

TEST à T0						TEST à T2					
	Notation objective	Notation subjective					Notation objective	Notation subjective			
	Score	0	1	2	3		Score	0	1	2	3
Jongles en 1 min						Jongles en 1 min					
Sauts de corde en 1 min						Sauts de corde en 1 min					
Dribbles main droite en 1 min						Dribbles main droite en 1 min					
Dribbles main gauche en 1 min						Dribbles main gauche en 1 min					
Saisis au vol /6						Saisis au vol /6					
Cerceau qui roule /6						Cerceau qui roule /6					

Annexe 11 : Test de décodage à T2 destiné au participant

[Fiche de lecture destinée au participant]

Liste de mots CE2 CM1 CM2 à T2

Allons-y ! C'est parti !



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

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	Glou



Annexe 12 : Test de décodage à T2 destiné à la chercheuse

[Fiche de recueil destinée à la chercheuse]

Liste de mots CE2 CM1 CM2 à T2



Codification :

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

↓	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		Glou	

Score	/10	Score	/10	Score	/10
Temps		Temps		Temps	

Annexe 13 : Test de fluence et de compréhension à T2 destiné au participant

[Fiche de lecture destinée au participant]

Consigne lue par la chercheuse : Lis le texte à voix haute le mieux possible et jusqu'à ce que je te dise STOP au bout d'une minute. Ensuite, tu termineras de lire le texte tranquillement et je te poserai des questions dessus.

Au bord du fleuve

Dans un village poussiéreux de l'Inde, où il faisait très chaud, vivait un homme prospère. Il avait tout ce qu'il voulait. Le village lui appartenait. Tous lui obéissaient. Mais ce chef avait horreur de se laver. Pour lui, être riche ne voulait pas dire être propre... D'ailleurs, il ne s'était pas lavé depuis un an ! C'était l'individu le plus sale de tous les temps.

Un matin, réveillé par sa puanteur, Bhushan-le-sale décida enfin d'aller se laver. Quand son domestique commença à lui frictionner le corps avec du savon, toute l'eau du fleuve devint noire de crasse. L'homme se sentit beaucoup mieux et sortit de l'eau. Tandis qu'il se séchait, il constata que ses pieds restaient couverts de poussière ; il les retrempa : à peine sortis de l'eau, ses pieds retrouvaient la poussière. Il recommença, mais jamais ses pieds n'étaient aussi propres que le reste de son corps... En Inde, même les riches allaient pieds nus, car les chaussures n'existaient pas.

Alors, Bhushan-le-sale s'énerva. Il cria à son domestique :
« La terre est sale. Cette poussière sur mes pieds est insupportable. J'exige que la terre soit nettoyée ! »

En un jour seulement les villageois passèrent le balai dans les rues du village.

Le lendemain matin, le chef sortit de chez lui pour se rendre au bord du fleuve. Mais il fut pris à la gorge et crut s'étouffer.

Toute la poussière balayée tournoyait maintenant dans l'air. Un villageois, tanneur de son métier, proposa alors timidement :

« Il faudrait protéger la terre de la poussière...

- À vos aiguilles ! s'écria Bhushan. Nous allons fabriquer une immense couverture de cuir qui recouvrira toute la terre crasseuse de notre village ! »

Aussitôt, tout le village, partit chercher du cuir et, morceau par morceau, chacun assembla une partie de la couverture.

Un jour et une nuit suffirent pour la terminer et l'étaler dans les rues et le long du fleuve. Tout heureux, Bhushan-le-sale sortit de chez lui. Il marcha sur ce tapis de cuir jusqu'au fleuve. Là, un vieillard surgit et s'adressa au chef :

« Seigneur, certes vos pieds sont propres, mais la terre ne respire plus et si rien ne peut pousser, nous mourrons tous affamés !

- « Quoi ! Tu veux donc que mes pieds restent immondes ! cria Bhushan.

- Non, noble chef, mais c'est inutile de recouvrir toute la terre pour protéger vos pieds. Je m'en charge ! »

Le vieil homme prit une grande paire de ciseaux de couture. Il se mit à découper le cuir tout autour des pieds du chef puis, à l'aide d'une lanière, il lia des bandes de cuir autour des pieds. Quand l'artisan eut fini de coudre, il roula la couverture de cuir pour laisser respirer la terre alentour. Le chef, nouvellement lavé, ne cessait de s'extasier :

« Comme c'est confortable ! Mes pieds sont à l'abri de la poussière et je suis enfin propre de la tête aux pieds ! Que partout désormais on m'appelle Bhushan-le-propre ! »

Et c'est ainsi que fut inventée la première paire de babouches !

Annexe 14 : Test de fluence et de compréhension à T2 destiné à la chercheure

[Fiche de recueil destinée à la chercheure]

Codification :

S) Nombre de mots lus en 1 minute :

E) Nombre d'erreurs :

Mots Correctement Lus par Minute = MCLM = (S – E) =

Au bord du fleuve

Dans un village poussiéreux de l'Inde, où il faisait très chaud,	11
vivait un homme prospère. Il avait tout ce qu'il voulait. Le village lui	24
appartenait. Tous lui obéissaient. Mais ce chef avait horreur de se	35
laver. Pour lui, être riche ne voulait pas dire être propre... D'ailleurs,	47
il ne s'était pas lavé depuis un an ! C'était l'individu le plus sale de	61
tous les temps.	64
Un matin, réveillé par sa puanteur, Bhushan-le-sale décida	74
enfin d'aller se laver. Quand son domestique commença à lui	84
frictionner le corps avec du savon, toute l'eau du fleuve devint noire	96
de crasse. L'homme se sentit beaucoup mieux et sortit de l'eau.	107
Tandis qu'il se séchait, il constata que ses pieds restaient couverts	118
de poussière ; il les retrempa : à peine sortis de l'eau, ses pieds	130
retrouvaient la poussière. Il recommença, mais jamais ses pieds	139
n'étaient aussi propres que le reste de son corps... En Inde, même	151
les riches allaient pieds nus, car les chaussures n'existaient pas.	161
Alors, Bhushan-le-sale s'énerva. Il cria à son domestique :	171
« La terre est sale. Cette poussière sur mes pieds est	181
insupportable. J'exige que la terre soit nettoyée ! »	188
En un jour seulement les villageois passèrent le balai dans	198
les rues du village.	202
Le lendemain matin, le chef sortit de chez lui pour se rendre	214
au bord du fleuve. Mais il fut pris à la gorge et crut s'étouffer.	228

Toute la poussière balayée tournoyait maintenant dans l'air. Un	237
villageois, tanneur de son métier, proposa alors timidement :	245
« Il faudrait protéger la terre de la poussière...	253
- À vos aiguilles ! s'écria Bhushan. Nous allons fabriquer une	262
immense couverture de cuir qui recouvrira toute la terre crasseuse	272
de notre village ! »	275
Aussitôt, tout le village, partit chercher du cuir et, morceau	285
par morceau, chacun assembla une partie de la couverture.	294
Un jour et une nuit suffirent pour la terminer et l'étaler dans	306
les rues et le long du fleuve. Tout heureux, Bhushan-le-sale sortit	319
de chez lui. Il marcha sur ce tapis de cuir jusqu'au fleuve. Là, un	333
vieillard surgit et s'adressa au chef :	339
« Seigneur, certes vos pieds sont propres, mais la terre ne respire	350
plus et si rien ne peut pousser, nous mourrons tous affamés !	361
- « Quoi ! Tu veux donc que mes pieds restent immondes ! cria	371
Bhushan.	372
- Non, noble chef, mais c'est inutile de recouvrir toute la terre pour	384
protéger vos pieds. Je m'en charge ! »	390
Le vieil homme prit une grande paire de ciseaux de couture.	401
Il se mit à découper le cuir tout autour des pieds du chef puis, à	416
l'aide d'une lanière, il lia des bandes de cuir autour des pieds.	428
Quand l'artisan eut fini de coudre, il roula la couverture de cuir pour	441
laisser respirer la terre alentour. Le chef, nouvellement lavé, ne	451
cessait de s'extasier :	454
« Comme c'est confortable ! Mes pieds sont à l'abri de la poussière	465
et je suis enfin propre de la tête aux pieds ! Que partout désormais	478
on m'appelle Bhushan-le-propre ! »	483
Et c'est ainsi que fut inventée la première paire de babouches !	494

Annexe 15 : Questionnaire de compréhension à T2 destiné à la chercheuse

[Fiche de recueil destinée à la chercheuse]



Questionnaire

Au bord du fleuve

Codification :

Consigne lue par la chercheuse : après avoir écouté la question posée, réponds oralement.

<p>1 L'histoire se passe :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> dans un village africain <input type="checkbox"/> dans un pays du Pôle Nord <input type="checkbox"/> dans un village poussiéreux <input type="checkbox"/> dans une grande ville en Inde 	<p>9 Le vieillard est :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> jardinier <input type="checkbox"/> pêcheur <input type="checkbox"/> coiffeur <input type="checkbox"/> couturier
<p>2 Bhushan-le-sale était prospère. Cela veut dire qu'il était :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> riche <input type="checkbox"/> muet <input type="checkbox"/> père de famille <input type="checkbox"/> très propre 	<p>10 Ce texte explique pourquoi :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> les premières couvertures ont été cousues <input type="checkbox"/> le fleuve a été nettoyé <input type="checkbox"/> le savon a été inventé <input type="checkbox"/> les premières chaussures sont apparues
<p>3 Un matin Bhushan-le-sale va au bord du fleuve :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> parce qu'il veut se rafraîchir <input type="checkbox"/> parce qu'il y va une fois par an <input type="checkbox"/> parce qu'il a envie de nager <input type="checkbox"/> parce qu'il est gêné par sa mauvaise odeur 	<p>11 Mais il fut pris à la gorge et crut s'étouffer à cause de la poussière signifie :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> la poussière le prend à la gorge <input type="checkbox"/> il a balayé la poussière de sa gorge <input type="checkbox"/> il respirait bien sans la poussière <input type="checkbox"/> il crut que la poussière sortait de sa gorge
<p>4 L'eau du fleuve est devenue noire parce que :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> la nuit est tombée <input type="checkbox"/> Bhushan a renversé son bol de café dedans <input type="checkbox"/> tous les habitants se sont lavés en même temps <input type="checkbox"/> Bhushan s'est lavé dedans 	<p>12 Bhushan considère qu'il est propre de la tête au pied :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> lorsqu'il va sortir du fleuve <input type="checkbox"/> lorsque ses pieds sont protégés <input type="checkbox"/> lorsque ses pieds sont propres et la terre protégée <input type="checkbox"/> lorsque la terre est propre
<p>5 La poussière se dépose sur les pieds de Bhushan :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> car les trottoirs de la ville ne sont pas nettoyés <input type="checkbox"/> car les voitures polluent le village <input type="checkbox"/> car les rues sont en terre <input type="checkbox"/> car la tempête a soulevé la saleté 	<p>13 « Tu veux donc que mes pieds restent immondes », immondes signifie :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> dégoûtants <input type="checkbox"/> malodorants <input type="checkbox"/> impurs <input type="checkbox"/> laids
<p>6 « Jamais ses pieds n'étaient aussi propres que le reste du corps » signifie que ses pieds :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> sont toujours moins propres que le reste de son corps <input type="checkbox"/> ne sont jamais propres <input type="checkbox"/> sont toujours plus propres que le reste de son corps <input type="checkbox"/> sont aussi propres que le reste de son corps 	<p>14 A la fin Bhushan est content car</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> il a enfin les pieds propres <input type="checkbox"/> il prend le nom de Bhushan-le-propre <input type="checkbox"/> il a toujours adoré les chaussures <input type="checkbox"/> il a déménagé dans une ville propre
<p>7 Dans cette histoire, il y a :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> seulement un personnage <input type="checkbox"/> un chef et des villageois <input type="checkbox"/> Bhushan-le-couturier et Bhushan-le-tanneur <input type="checkbox"/> quatre personnages 	<p>15 Bhushan est :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> un homme toujours sale <input type="checkbox"/> un riche commerçant du cuir <input type="checkbox"/> un chef de village <input type="checkbox"/> un mendiant sale et repoussant
<p>8 Pour supprimer la poussière, les villageois :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> créent une couverture puis balaient <input type="checkbox"/> balaient puis créent une couverture <input type="checkbox"/> arrose la terre puis passent l'aspirateur <input type="checkbox"/> découpent du cuir puis font des babouches 	<p>16 Être chef permet de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> commander les autres <input type="checkbox"/> se faire laver dans le fleuve <input type="checkbox"/> coudre du cuir pour faire les tapis <input type="checkbox"/> ne pas avoir besoin de manger

⇒ espace/temps ⇒ syntaxe ⇒ sens littéral ⇒ inférence ⇒ personnages ⇒ logique du texte

⇒ lexique ⇒ compréhension générale

Annexe 16 : Réponses du questionnaire du texte « Au bord du fleuve »



Au bord du fleuve Corrigé

V : vrai, réponse juste. F : faux, réponse strictement fausse.
 PV : partiellement vrai, réponse reposant sur une indication absente du texte mais acceptable ou sur une information seulement partielle mais juste.
 PF : partiellement faux, réponse reposant sur une information prélevée dans le texte mais fausse, ou sur l'interprétation d'une information absente du texte et incohérente.

1. L'histoire se passe :

- | | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|----|
| 1 <input type="checkbox"/> | dans un village africain. | PF |
| 2 <input type="checkbox"/> | dans un pays du Pôle Nord. | F |
| 3 <input checked="" type="checkbox"/> | dans un village poussiéreux. | V |
| 4 <input type="checkbox"/> | dans une grande ville en Inde. | PV |

Espace/temps niveau 1

2. Bhushan-le-sale était prospère. Cela veut dire qu'il était :

- | | | |
|---------------------------------------|------------------|----|
| 2 <input checked="" type="checkbox"/> | riche. | V |
| 3 <input type="checkbox"/> | muet. | F |
| 4 <input type="checkbox"/> | père de famille. | PV |
| 5 <input type="checkbox"/> | très propre. | PF |

Lexique niveau 1

3. Un matin Bhushan-le-sale va au bord du fleuve :

- | | | |
|---------------------------------------|---|----|
| 6 <input type="checkbox"/> | parce qu'il veut se rafraîchir. | PV |
| 7 <input type="checkbox"/> | parce qu'il y va une fois par an. | F |
| 8 <input type="checkbox"/> | parce qu'il a envie de nager. | PF |
| 9 <input checked="" type="checkbox"/> | parce qu'il est gêné par sa mauvaise odeur. | V |

Littéral niveau 1

4. L'eau du fleuve est devenue noire parce que

- | | | |
|--|---|----|
| 10 <input type="checkbox"/> | la nuit est tombée. | PF |
| 11 <input type="checkbox"/> | Bhushan a renversé son bol de café dedans. | F |
| 12 <input type="checkbox"/> | tous les habitants se sont lavés en même temps. | PV |
| 13 <input checked="" type="checkbox"/> | Bhushan s'est lavé dedans. | V |

Inférences niveau 1

5. La poussière se dépose sur les pieds de Bhushan

- | | | |
|--|---|----|
| 17 <input type="checkbox"/> | car les trottoirs de la ville ne sont pas nettoyés. | PF |
| 18 <input type="checkbox"/> | car les voitures polluent le village. | F |
| 19 <input checked="" type="checkbox"/> | car les rues sont en terre. | V |
| 20 <input type="checkbox"/> | car la tempête a soulevé la saleté. | PV |

Inférences niveau 2

6. « Jamais ses pieds n'étaient aussi propres que le reste de son corps » signifie que :

- 21 ses pieds sont toujours moins propres que le reste de son corps. V
 22 ses pieds ne sont jamais propres. PV
 23 ses pieds sont toujours plus propres que le reste son corps. F
 24 ses pieds sont aussi propres que le reste de son corps. PF

Syntaxe niveau 1

7. Dans cette histoire, il y a :

- 25 seulement un personnage. PF
 26 un chef et des villageois. V
 27 Bhushan-le-couturier et Bhushan-le-tanneur. F
 28 quatre personnages. PV

Personnages niveau 1

8. Pour supprimer la poussière, les villageois

- 29 créent une couverture puis balaient. PV
 30 balaient puis créent une couverture. V
 31 arrosent la terre puis passent l'aspirateur. F
 32 découpent du cuir puis font des babouches. PF

Espace/temps niveau 2

9. Le vieillard à la barbe blanche est :

- 33 jardinier. F
 34 pêcheur. PV
 35 coiffeur. PF
 36 couturier. V

Littéral niveau 2

10. Le texte explique pourquoi :

- 37 les premières couvertures ont été cousues. PV
 38 le fleuve a été nettoyé. PF
 39 le savon a été inventé. F
 40 les premières chaussures sont apparues. V

Compréhension générale niveau 1

11. Mais il fut pris à la gorge et crut s'étouffer à cause de la poussière balayée signifie

- 41 La poussière le prend à la gorge. V
 42 Il a balayé la poussière de sa gorge. PF
 43 Il respirait bien sans la poussière. PV
 44 Il crut que la poussière sortait de sa gorge. F

Syntaxe niveau 2

12. Bhushan considère qu'il est propre de la tête au pied

- | | | |
|--|--|----|
| 45 <input type="checkbox"/> | lorsqu'il va sortir du fleuve. | PV |
| 46 <input checked="" type="checkbox"/> | lorsque ses pieds sont protégés. | V |
| 47 <input type="checkbox"/> | lorsque ses pieds sont propres et la terre protégée. | PF |
| 48 <input type="checkbox"/> | lorsque la terre est propre. | F |

Logique du texte niveau 1

13. « Tu veux donc que mes pieds restent immondes à jamais », *immondes* signifie

- | | | |
|--|--------------|----|
| 49 <input checked="" type="checkbox"/> | dégoutants. | V |
| 50 <input type="checkbox"/> | malodorants. | PV |
| 51 <input type="checkbox"/> | impurs. | PF |
| 52 <input type="checkbox"/> | laids. | F |

Lexique niveau 2

14. A la fin, Bhushan est content car :

- | | | |
|--|---------------------------------------|----|
| 53 <input checked="" type="checkbox"/> | il a enfin les pieds propres. | V |
| 54 <input type="checkbox"/> | il prend le nom de Bhushan le propre. | PV |
| 55 <input type="checkbox"/> | il a toujours adoré les chaussures. | PF |
| 56 <input type="checkbox"/> | il a déménagé dans une ville propre. | F |

Compréhension générale niveau 2

15. ~~Bushan~~ est :

- | | | |
|--|---------------------------------|----|
| 57 <input type="checkbox"/> | un homme toujours sale. | PV |
| 58 <input type="checkbox"/> | un riche commerçant du cuir. | PF |
| 59 <input checked="" type="checkbox"/> | un chef de village. | V |
| 60 <input type="checkbox"/> | un mendiant sale et repoussant. | F |

Personnages niveau 2

16. ~~Etre~~ chef permet de :

- | | | |
|--|--------------------------------------|----|
| 61 <input checked="" type="checkbox"/> | Commander les autres. | V |
| 62 <input type="checkbox"/> | Se faire laver dans le pluie. | PV |
| 63 <input type="checkbox"/> | Coudre du cuir pour faire des tapis. | PF |
| 64 <input type="checkbox"/> | Ne pas avoir besoin de manger. | F |

Logique du texte niveau 2

Annexe 17 : Attestation d'autorisation du cercle de Destiné

Le 25/01/2022 à 21:39, Jane Oliver a écrit :

Aurelie

Yes you may use the Circle of Destiny and refer to Bal-A-Vis-X. But not the bag thing you are doing.

Jane

Jane Oliver

Brightbrain-Scotland

M:07512311317

Annexe 18 : Attestation de stage Bal-A-Vis-X



Bal-A-Vis-X

Attestation de participation à la session C (24h)
des 19, 20, 21 Octobre 2019 à Angers,
animée par Jane et Mike Oliver.

délivrée àBONNIFET.....Aurélie.....

Par Jane Oliver et Anjou no Michi

Angers, le 21/10/2019



Anjou no Michi
5 rue Charles Denis
49000 Angers



Annexe 19 : Fiche de renseignements d'un participant

QUESTIONNAIRE D'INFORMATIONS

Codification :LB2.....

Informations recueillies en amont du protocole expérimental :

Sexe : M

Droitier ou gaucher : D

Date de naissance : 27/12/2011 → ...10... ans et ...7... mois ou ...127... mois

Poids : 292 Taille : 139

Niveau de classe : CM1

Y a-t-il des personnes dyslexiques dans votre famille ? Oui / Non

Si oui, quel est le lien de parenté ? la maman

Y a-t-il eu un redoublement ? Oui / Non

Si oui, quelle classe ? CP

Faites-vous du sport ? Oui / Non

Si oui, quel sport ? en club ? Hip-Hop

Faites-vous de la musique en école de musique ? Oui / Non**Informations recueillies en aval du protocole expérimental :**

Combien de séances d'orthophonie avez-vous réalisé durant la période du protocole expérimental ? 0

Avez-vous fait du sport durant la période du protocole expérimental ? Oui / Non

Si oui, à quelle fréquence ? /

Type de dyslexie : phonologie

As-tu remarqué quelque chose de changé en lecture ou autres depuis les 2 semaines du programme moteur ?

" Oui, je tape plus vite les textos qu'avant - j'utilise plus facilement les touches des lettres de mon téléphone."

Annexe 20 : Fiches de recueil des résultats de terrain de participants

Tableau de suivi de l'évolution en coordination motrice

Codification :M.D.A.....

	TEST à T0				TEST à T2					
	Notation objective		Notation subjective		Notation objective		Notation subjective			
	Score	P	F	S	Total	Score	P	F	S	Total
Jongles en 1 min	15	X			1	50	X	X	X	3
Sauts de corde en 1 min	2				0	17		X		1
Dribbles main droite en 1 min	21	X			1	72	X		X	2
Dribbles main gauche en 1 min	20				0	40	X	X		2
Saisis au vol /6	1				0	5	X	X		2
Cerceau qui roule /6	1				0	6	X			1

P: Précision
 F: Fluidité
 S: Souplesse

[Fiche de recueil destinée à la chercheuse]

Liste de mots CE2 CM1 CM2 à T0

Codification : SM 1

irréguliers	réguliers F	pseudo-mots D
-------------	-------------	---------------

↓	Net	Né	Sac		Rac	Ra
	Galop		Congé		Gavin	
	Dolmen	Delman	Dorade		Caldon	
	Respect		Rigueur	rigueur	Rigende	
	Bourg		Asile	assile	Plour	Blour
	Aiguille	Agile	Approche	Aporproché	Vatriche	vatriche
	Poêle		Piège		Pisal	pirza
	Baptême	Babétémén	Bottine		Bertale	
	Oignon	Wagnon	Hausse		Aivron	Avion
	Aquarelle	Akarelle	Astronome	Astron-or	Pacirande	

Score	4 /10	Score	6 /10	Score	5 /10
Temps	44 sec	Temps	37 sec	Temps	45 sec

[Fiche de recueil destinée à la chercheuse]

Liste de mots CE2 CM1 CM2 à T2

Codification : SM 1

irréguliers	F	réguliers	D	pseudo-mots
-------------	---	-----------	---	-------------

Orchidée	Orgidé	Alchimie	Alchime	Anchovée	Achové
Agenda		Avanie	Avan-nie	Agante	
Compteur		Courroie		Courlone	
Stand		Baril	Bari	Stipe	Spide
Toast	to-asse	Cargo		Torac	Tora
Escroc		Esquif	Esquive	Casine	Sarsine
Cake	quaque	Cric		Bate	
Chorale	Chorale	Cagoule	Gargouille	Coginte	Groginete
Aquarium		Acrobate		Abranise	Abbran-nise
Paon	Pinpon	Bise		Glou	

Score	5 /10	Score	5 /10	Score	4 /10
Temps	37 sec	Temps	39 sec	Temps	25 sec

[Fiche de recueil destinée à la chercheuse]

Codification : MCC 2

S) Nombre de mots lus en 1 minute : 94

E) Nombre d'erreurs : 8

Mots Correctement Lus par Minute = MCLM = (S - E) = 86

Les deux bossus

Il était une fois un vilain bossu. Il avait la tête qui penchait d'un 14
 côté et la bosse de l'autre. Mais la laideur n'avait pas touché son cœur. 28
 Le sourire ne le quittait jamais, et il s'émerveillait de tout. Chaque matin 41
 était pour lui le commencement du monde et chaque nuit étoilée la 53
 célébration de l'univers. C'était un bossu au cœur tendre. 62

Un jour, dès l'aube, il quitta sa maison et salua son voisin qui 75
 allait travailler. Il communiquait sa bonne humeur à tous ceux qu'il 86
 croisait. Quittant le village, il marcha au hasard jusqu'à une grotte. À 98
 l'heure de la sieste, il s'y abrita pour fuir la chaleur de la journée. Or, 113
 c'était un lieu secret où sept djinns venaient chanter pour rythmer les 125
 sept jours de la semaine car, entre autres charges, les génies ont pour 138
 mission de surveiller l'ordonnancement du temps. Ils n'avaient pas 147
 trouvé mieux pour garder le rythme que de le chanter en couplets. Ils 160
 formaient une ronde dans la grotte et s'adonnaient avec passion à 171
 leurs chants : lundi, mardi, mercredi... 176

chanter

Le bossu se réveilla. Enchanté par ce ^{septacle} spectacle, il battit des 187
 mains à son tour et entra dans ^{le rond} la ronde, puis se mit à ^{improviser il} improviser une 202
^{chantonne} chansonnette sur le même rythme avec des paroles si étranges que 213
 les génies ^{ou} en étaient tous amusés. Ils ^{entourer} entourèrent le bossu et, pour le 226
 récompenser de ^{le} la joie qu'il venait de leur offrir par sa ^{fantaisie} fantaisie, ils le 240
^{débarrasseraient} débarrassèrent en un ^{cligne des yeux la} clin d'œil de sa ^{bosse} bosse. Personne ne reconnut 251
 l'homme radieux qui ^{sortit} sortit de la grotte. Il rentra chez lui et ^{conta} conta son 265
 histoire ^{et} à ses voisins émerveillés. ^{content} content 270

Or, il se trouvait que, dans ^{une} un autre quartier, il y avait un autre 284
 bossu. Mais lui était tout le contraire du premier. ^{A tout fourbe} Il était fourbe, 296
 orgueilleux et avait ^{mauvaise} mauvais caractère. Quelques jours plus tard, il se 307
 dirigea à son tour vers la grotte et, à l'heure de ^{le} la sieste, il vit apparaître 324
^{le rond} la ronde des sept génies qui se mirent à chanter en ^{choeur} chœur les sept 339
 jours de la semaine. ~~Il~~ étaient tout à leur rythme lorsque le mauvais 352
 bossu, ^{qu'il} qui avait en plus une voix de crapaud, pénétra dans ^{le rond} la ronde, 364
 incapable d'adapter ses pas, ^{d'accompagner} d'accompagner la musique, ou même de 375
^{garde} garder la rime. Ainsi, il avait rompu ^{le chant} la chaîne du temps. ^{des} des 384

Désappointés et mécontents, les sept génies, en un clin d'œil, 394
 plantèrent la bosse du premier bossu sur la poitrine du deuxième qui 406
 rentra chez lui furieux, une bosse par derrière, une bosse par devant. 416

□ très facile □ facile ✗ un peu difficile □ difficile

Expressivité: 1 ② 3 4

Phrase: 1 ② 3 4

[Fiche de recueil destinée à la chercheuse]



Questionnaire

Les deux bossus

Codification : MN1

V9
PV 6
PF 1
FO

Consigne lue par la chercheuse : après avoir écouté la question posée, réponds oralement.

<p>1 Le bossu au cœur tendre s'endort dans la grotte :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> en pleine nuit <input type="checkbox"/> à l'heure de la sieste <input checked="" type="checkbox"/> en pleine journée PV <input type="checkbox"/> un samedi soir 	<p>9 « Le bossu s'abrita dans la grotte or c'était un lieu secret. » Le mot « or » veut dire :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> où <input checked="" type="checkbox"/> et PV <input type="checkbox"/> mais <input type="checkbox"/> donc
<p>2 « Le sourire ne le quittait jamais » veut dire :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> il ne pouvait jamais sourire <input type="checkbox"/> le sourire ne pouvait jamais s'en aller <input checked="" type="checkbox"/> il avait toujours le sourire V <input type="checkbox"/> le sourire le quittait pour toujours 	<p>10 Ce texte raconte l'histoire :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> du génie d'Aladin <input type="checkbox"/> des génies qui se cachent dans des grottes <input checked="" type="checkbox"/> de deux bossus aux caractères très différents V <input type="checkbox"/> de la vie pendant la guerre des djinns
<p>3 A quoi ressemble le bossu au cœur tendre ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> il a une bosse sur la tête <input checked="" type="checkbox"/> il a la tête qui penche d'un côté et une bosse de l'autre V <input type="checkbox"/> il a deux bosses, une de chaque côté <input type="checkbox"/> il a de grands yeux rieurs 	<p>11 Pourquoi les génies n'aiment pas le deuxième bossu ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> parce qu'il est méchant PV <input type="checkbox"/> parce qu'il ne sait ni chanter ni danser <input type="checkbox"/> parce qu'il avait lui aussi une bosse <input type="checkbox"/> parce qu'il porte un chapeau ridicule
<p>4 Le bossu au cœur tendre a-t-il pu dormir ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> oui, jusqu'à l'arrivée des génies <input checked="" type="checkbox"/> oui, pendant la danse des génies PV <input type="checkbox"/> non, car il avait trop chaud <input type="checkbox"/> non, car il ne dormait jamais 	<p>12 « désappointé » veut dire :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> qui est surpris <input checked="" type="checkbox"/> qui est déçu V <input type="checkbox"/> qui pointe du doigt <input type="checkbox"/> qui est danseur
<p>5 C'est l'histoire de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> 2 hommes qui habitent dans le même quartier PF <input type="checkbox"/> 2 hommes qui vivent dans le même village <input type="checkbox"/> 2 hommes qui ne se connaissent pas <input type="checkbox"/> 2 génies qui vivent dans une grotte 	<p>13 Par quel autre mot désigne-t-on les génies ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> les chanteurs PV <input type="checkbox"/> les djinns <input type="checkbox"/> les bossus <input type="checkbox"/> les crapauds
<p>6 Le bossu au cœur tendre est heureux :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> pourtant il est laid V <input type="checkbox"/> parce qu'il est laid <input type="checkbox"/> et il est laid <input type="checkbox"/> et malheureux 	<p>14 Comment réagissent les voisins quand le bossu raconte l'histoire ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> ils sont contents pour lui <input checked="" type="checkbox"/> ils sont émerveillés V <input type="checkbox"/> ils n'y croient pas <input type="checkbox"/> ils se mettent à pleurer
<p>7 Quelques jours plus tard, le bossu au mauvais caractère se dirige vers :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> une deuxième grotte <input type="checkbox"/> la même grotte V <input type="checkbox"/> un autre quartier <input type="checkbox"/> les sentiers perdus 	<p>15 A la fin du texte, pourquoi le deuxième bossu rentre-t-il furieux chez lui ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> parce qu'il déteste les génies <input type="checkbox"/> parce qu'il n'a pas fait la sieste <input type="checkbox"/> parce qu'il a une poussière dans l'œil <input checked="" type="checkbox"/> parce qu'il a maintenant deux bosses V
<p>8 « se mit à improviser une chansonnette », cela signifie qu'il improvise :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> une petite chanson <input type="checkbox"/> une chanson qui sonne <input type="checkbox"/> une chanson honnête <input checked="" type="checkbox"/> une chanson douce PV 	<p>16 La morale de l'histoire est :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> la fin justifie les moyens <input type="checkbox"/> quand on a le rythme, on a de la chance <input checked="" type="checkbox"/> quand on sourit à la vie, la vie vous sourit <input type="checkbox"/> les génies n'aiment pas les bossus V

⇒ espace/temps ⇒ syntaxe ⇒ sens littéral ⇒ inférence ⇒ personnages ⇒ logique du texte

⇒ lexique ⇒ compréhension générale

à son côté à côté au sein à l'intérieur debrière

[Fiche de recueil destinée à la chercheuse]

Codification : MCC2

S) Nombre de mots lus en 1 minute : 87

E) Nombre d'erreurs : 8

Mots Correctement Lus par Minute = MCLM = (S - E) = 79

Au bord du fleuve

<i>une ville poussiéreuse</i> Dans <u>un</u> <u>village</u> <u>poussiéreux</u> <u>de</u> l'Inde, où il faisait très chaud,	11
vivait un homme prospère. Il avait tout ce qu'il voulait. Le village lui	24
appartenait. <u>Tous</u> lui <u>obéissaient</u> . Mais ce chef avait horreur de se	35
<i>de</i> <u>laver</u> . Pour lui, être riche ne voulait pas dire être propre... D'ailleurs,	47
il ne s'était pas lavé depuis un an ! C'était l'individu le plus sale de	61
tous les temps.	64
Un matin, <u>réveillé</u> par <u>sa</u> puanteur, Bhushan-le-sale décida	74
enfin d'aller <i>se</i> <u>laver</u> . Quand son domestique commença à lui	84
frictionner le corps <i>avec</i> du savon, toute l'eau du fleuve devint noire	96
<i>la</i> <u>de</u> crasse. L'homme se sentit beaucoup mieux et sortit de l'eau.	107
Tandis qu'il se séchait, il constata que ses pieds restaient <u>couverts</u>	118
de poussière ; il les retrempa : à peine sortis de l'eau, ses pieds	130
retrouvaient la poussière. Il <u>recommença</u> , mais jamais ses pieds	139
n'étaient aussi propres que le reste de son corps... En Inde, même	151
les riches allaient pieds nus, car les chaussures n'existaient pas.	161
Alors, Bhushan-le-sale <u>s'énerve</u> . Il cria à son domestique :	171
« La terre est sale. Cette <i>s'enrôve</i> poussière sur mes pieds est	181
insupportable. J'exige que la terre soit nettoyée ! »	188
En un jour seulement les villageois <u>passèrent</u> le balai dans	198
les rues du village. <i>passeraient</i>	202
Le lendemain matin, le chef sortit de chez lui pour <u>se rendre</u>	214
au bord du fleuve. Mais il fut pris à la gorge et crut s'étouffer. ?	228

Toute la poussière balayée tournoyait maintenant dans l'air. Un	237
villageois, tanneur de son métier, proposa alors timidement :	245
« Il faudrait protéger la terre de la poussière... »	253
- À vos <u>aiguilles</u> ! s'écria Bhushan. Nous allons fabriquer une	262
immense couverture de cuir qui recouvrira toute la terre crasseuse	272
de notre village ! »	275
Aussitôt, <u>tout le village</u> , partit chercher du cuir et, morceau	285
par morceau, chacun ^{tous les villageois} assembla une partie de la couverture.	294
Un jour et une nuit <u>suffirent pour</u> la terminer et l'étaler dans	306
les rues et le long du fleuve. Tout heureux, Bhushan-le-sale sortit	319
de chez lui. Il marcha sur <u>ce tapis</u> de cuir jusqu'au fleuve. Là, un	333
vieillard surgit et <u>s'adressa</u> au chef :	339
« Seigneur, certes vos <u>pieds</u> sont propres, mais la terre ne respire	350
plus et si rien ne peut pousser, nous mourrons <u>tous affamés</u> !	361
- « Quoi ! Tu veux donc que mes <u>pieds</u> restent immondes ! » cria	371
Bhushan.	372
- Non, noble chef, mais c'est inutile de recouvrir toute la terre pour	384
protéger vos <u>pieds</u> . Je m'en charge ! »	390
Le vieil homme prit <u>une grande</u> paire de ciseaux de couture.	401
Il se mit à découper le cuir ^{un} tout autour des <u>pieds</u> du chef puis, à	416
<u>l'aide</u> d'une lanière, il lia <u>des bandes</u> de cuir autour des <u>pieds</u> .	428
Quand l'artisan eut fini de <u>coudre</u> , il <u>roula</u> la <u>couverture</u> de cuir pour	441
laisser respirer la terre alentour. Le chef, nouvellement lavé, ne	451
<u>cessait</u> de s'extasier :	454
« Comme c'est <u>confortable</u> ! Mes <u>pieds</u> sont à l'abri de la poussière	465
et je suis enfin propre de la tête aux <u>pieds</u> ! Que partout désormais	478
on m'appelle Bhushan-le-propre ! »	483
Et c'est <u>ainsi</u> que fut <u>inventée</u> la première paire de babouches !	494

très facile facile un peu difficile vraiment difficile

Expressivité 1 2 3 4
Phrase 1 2 3 4

[Fiche de recueil destinée à la chercheuse]



Questionnaire

Au bord du fleuve

Codification : M.N.1.....

 V 11
 PV 4
 PF 1
 F 0

Consigne lue par la chercheuse : après avoir écouté la question posée, réponds oralement.

1 L'histoire se passe : <input type="checkbox"/> dans un village africain <input type="checkbox"/> dans un pays du Pôle Nord <input type="checkbox"/> dans un village poussiéreux <input checked="" type="checkbox"/> dans une grande ville en Inde PV	9 Le vieillard est : <input type="checkbox"/> jardinier <input type="checkbox"/> pêcheur <input type="checkbox"/> coiffeur <input checked="" type="checkbox"/> couturier V
2 Bhushan-le-sale était prospère. Cela veut dire qu'il était : <input checked="" type="checkbox"/> riche V <input type="checkbox"/> muet <input type="checkbox"/> père de famille <input type="checkbox"/> très propre	10 Ce texte explique pourquoi : <input type="checkbox"/> les premières couvertures ont été cousues <input type="checkbox"/> le fleuve a été nettoyé <input type="checkbox"/> le savon a été inventé <input checked="" type="checkbox"/> les premières chaussures sont apparues V
3 Un matin Bhushan-le-sale va au bord du fleuve : <input type="checkbox"/> parce qu'il veut se rafraîchir <input type="checkbox"/> parce qu'il y va une fois par an <input type="checkbox"/> parce qu'il a envie de nager <input checked="" type="checkbox"/> parce qu'il est gêné par sa mauvaise odeur V	11 Mais il fut pris à la gorge et crut s'étouffer à cause de la poussière signifie : <input type="checkbox"/> la poussière le prend à la gorge <input type="checkbox"/> il a balayé la poussière de sa gorge <input checked="" type="checkbox"/> il respirait bien sans la poussière PV <input type="checkbox"/> il crut que la poussière sortait de sa gorge
4 L'eau du fleuve est devenu noire parce que : <input type="checkbox"/> la nuit est tombée <input type="checkbox"/> Bhushan a renversé son bol de café dedans <input type="checkbox"/> tous les habitants se sont lavés en même temps <input checked="" type="checkbox"/> Bhushan s'est lavé dedans V	12 Bhushan considère qu'il est propre de la tête au pied : <input type="checkbox"/> lorsqu'il va sortir du fleuve <input checked="" type="checkbox"/> lorsque ses pieds sont protégés V <input type="checkbox"/> lorsque ses pieds sont propres et la terre protégée <input type="checkbox"/> lorsque la terre est propre
5 La poussière se dépose sur les pieds de Bhushan : <input type="checkbox"/> car les trottoirs de la ville ne sont pas nettoyés <input type="checkbox"/> car les voitures polluent le village <input checked="" type="checkbox"/> car les rues sont en terre V <input type="checkbox"/> car la tempête a soulevé la saleté	13 « Tu veux donc que mes pieds restent immondes », immondes signifie : <input checked="" type="checkbox"/> dégoûtants V <input type="checkbox"/> malodorants <input type="checkbox"/> impurs <input type="checkbox"/> laids
6 « Jamais ses pieds n'étaient aussi propres que le reste du corps » signifie que ses pieds : <input checked="" type="checkbox"/> sont toujours moins propres que le reste de son corps V <input type="checkbox"/> ne sont jamais propres <input type="checkbox"/> sont toujours plus propres que le reste de son corps <input type="checkbox"/> sont aussi propres que le reste de son corps	14 A la fin Bhushan est content car <input type="checkbox"/> il a enfin les pieds propres <input checked="" type="checkbox"/> il prend le nom de Bhushan-le-propre PV <input type="checkbox"/> il a toujours adoré les chaussures <input type="checkbox"/> il a déménagé dans une ville propre
7 Dans cette histoire, il y a : <input type="checkbox"/> seulement un personnage <input type="checkbox"/> un chef et des villageois <input type="checkbox"/> Bhushan-le-couturier et Bhushan-le-tanneur <input checked="" type="checkbox"/> quatre personnages PV	15 Bhushan est : <input type="checkbox"/> un homme toujours sale <input checked="" type="checkbox"/> un riche commerçant du cuir PF <input type="checkbox"/> un chef de village <input type="checkbox"/> un mendiant sale et repoussant
8 Pour supprimer la poussière, les villageois : <input type="checkbox"/> créent une couverture puis balaient <input checked="" type="checkbox"/> balaient puis créent une couverture V <input type="checkbox"/> arrose la terre puis passent l'aspirateur <input type="checkbox"/> découpent du cuir puis font des babouches	16 Être chef permet de : <input checked="" type="checkbox"/> commander les autres V <input type="checkbox"/> se faire laver dans le fleuve <input type="checkbox"/> coudre du cuir pour faire les tapis <input type="checkbox"/> ne pas avoir besoin de manger

⇒ espace/temps ⇒ syntaxe ⇒ sens littéral ⇒ inférence ⇒ personnages ⇒ logique du texte

⇒ lexicale ⇒ compréhension générale

elle est vraiment difficile