



UNIVERSITÉ DE NANTES

Unité de Formation et de Recherche de Médecine et des Techniques Médicales

Année Universitaire 2019-2020

Mémoire

Pour l'obtention du

Certificat de Capacité en Orthophonie

**Intérêt de l'écriture manuscrite dans la prise en soin des patients
présentant un trouble spécifique des apprentissages en langage écrit :
une revue de littérature**

Présenté par *Margot CRÉPIN-LEBLOND*

Née le 13/02/1993

Président du Jury : Madame Lebayle-Bourhris Annaïck – Orthophoniste, chargée de cours

Directeur du Mémoire : Madame Robin Frédérique – Maître de Conférences, HDR
psychologie cognitive

Co-Directeur du Mémoire : Madame Pouteau Claire – Orthophoniste, chargée de cours

Membres du jury : Madame Prince Typhanie – Enseignant chercheur



Centre de Formation Universitaire en Orthophonie

Directeur : Pr Florent ESPITALIER

Co-Directrices Pédagogiques : Mme Typhanie PRINCE, Mme Emmanuelle PRUDHON

Directrice des Stages : Mme Annaïck LEBAYLE-BOURHIS

ANNEXE 9
ENGAGEMENT DE NON-PLAGIAT

« Par délibération du Conseil en date du 7 Mars 1962, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation ».

Engagement de non-plagiat

Je, soussigné(e) **Margot Crépin-Leblond** déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes ses formes de support, y compris l'Internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Fait à : Combrit

Le 1^{er} mai 2020

Signature :

Remerciements

Je tiens dans un premier temps à remercier **Madame Robin** et **Madame Pouteau**, qui ont accepté de diriger mon mémoire de fin d'études. Merci de vous être intéressées à ma question de recherche. Merci pour votre disponibilité, votre expertise, vos remarques constructives et votre bienveillance.

Je profite de ces quelques lignes pour remercier également l'**ensemble de l'équipe du CFUO de Nantes** pour m'avoir formée au métier d'orthophoniste durant 5 ans. J'ai également une pensée pour **toutes les maîtres de stage** qui ont complété ma formation universitaire en m'acceptant dans leur cabinet ou leur structure. Je dois beaucoup à **Madame Huet-Morinière, Madame Nicolau et Madame Postic** qui m'ont énormément appris au cours de mes derniers stages.

Ces cinq années d'études n'auraient pas été les mêmes sans la rencontre d'**Alice Chauvet-Girard, Léa Desgrouas, Justine Domengie, Alexane Dubot, Estelle Madi, Anaëlle Raffin et Clémentine Viard**, futures collègues mais surtout amies pour la vie.

Merci à **Mickaël** pour son soutien et son amour sans faille.

Je dédie ce mémoire de fin d'étude à ma famille qui m'a toujours soutenue et encouragée dans tous mes choix, merci à **ma sœur Alice, mon père Jean-Marie** et, bien sûr, **ma mère Pascale** sans qui je ne serai pas où j'en suis aujourd'hui.

Table des matières

Abréviations.....
Introduction.....	1
I. Présentation du cadre de recherche.....	3
1. De la « dyslexie » au trouble spécifique des apprentissages en langage écrit.....	3
1.1 Critères diagnostiques de la dyslexie et de la dysorthographe.....	3
1.2 Relation entre dyslexie et dysorthographe.....	5
2. Les modèles théoriques des processus de lecture et d'écriture.....	5
2.1 Lecture.....	6
2.2 La production écrite.....	7
3. Les difficultés graphiques des patients dyslexiques-dysorthographiques:.....	9
3.1 Dyslexie-dysorthographe et trouble de l'écriture.....	9
3.2 Origine des difficultés graphomotrices.....	14
4. Conclusion.....	16
II. Mise en place d'un outil palliatif, l'ordinateur.....	17
1. Utilisation scolaire de l'informatique par les élèves dyslexiques-dysorthographiques.	17
2. Effets des entraînements au traitement de texte.....	18
2.1 Population générale.....	18
2.2 Enfants en difficulté ou présentant un trouble dans le langage écrit.....	19
3. Coût cognitif du clavier.....	20
4. Comparaison de trois entraînements aux modalités d'écriture différentes.....	21
5. Conclusion.....	23
III. Importance de la modalité d'écriture dans les apprentissages.....	24
1. Écriture et développement de la lecture.....	24
1.1 Lire et écrire : des zones cérébrales communes.....	24
1.2 Effet de la modalité d'écriture sur la reconnaissance des lettres.....	27
1.3 Perspectives thérapeutiques pour le déficit de lecture	29
2. Écriture et développement de l'orthographe.....	30
2.1 L'acte d'épeler favorise-t-il plus l'apprentissage de l'orthographe que l'acte d'écrire ?.....	30
2.2 L'acte de copie, un puissant outil pédagogique.....	32
2.3 Écriture manuscrite contre frappe au clavier : quel effet sur la mémoire verbale ?.....	35
3. Conclusion.....	38
IV. L'écriture manuscrite, outil au sein de l'enseignement explicite de l'orthographe....	40
1. Effets des entraînements graphomoteurs sur l'orthographe.....	40
2. Combiner les entraînements graphomoteurs aux entraînements orthographiques.....	42
2.1 Enfants au développement normal.....	42
2.2 Enfants au faible niveau d'orthographe.....	43
2.3 Enfants avec troubles spécifiques des apprentissages.....	44
3. Renforcer l'orthographe lexicale.....	45
3.1 Analyse et copie de mots : les effets sur l'orthographe.....	45
3.2 Un exemple de rééducation orthophonique intégrant la composante graphomotrice.....	46
4. Conclusion.....	48
Conclusion.....	49
Bibliographie.....	51

Abréviations

- **BA6** : cortex prémoteur gauche
- **BHK** : échelle d'évaluation rapide de l'écriture chez l'enfant
- **CGP** : correspondance grapho-phonémique
- **DLDO** : dyslexie-dysorthographe
- **DSM-5** : Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, cinquième et dernière édition du Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux rédigé par l'Association Américaine de Psychiatrie (American Psychiatric Association, APA)
- **EOLE** : Échelle d'acquisition en Orthographe Lexicale, ouvrage qui présente l'étalonnage des 12 000 mots les plus occurrents de la langue française écrite des années 2000.
- **ERA** : Effet de Réalisation de l'Action, ERA (enactment effect)
- **FCAT** : Florida Department of Education, tests de vocabulaire et de compréhension écrite
- **PMd** : partie dorsale pré-motrice du BA6
- **SMT** : stimulation magnétique transcrânienne
- **TSAp** : Trouble spécifique des apprentissages
- **WIAT** : Wechsler Individual Achievement Test, test d'évaluation clinique de l'intelligence

Introduction

L'arrivée du numérique et sa démocratisation dans les foyers a considérablement modifié notre quotidien. L'ordinateur joue désormais un rôle important dans l'éducation et les apprentissages. La marginalisation de l'écriture manuscrite a conduit les chercheurs à s'interroger sur les effets de l'écriture (dactylographique ou manuscrite) dans l'enseignement et sur les apprentissages, question au cœur même des enjeux politiques de l'école de demain.

Depuis 2016, l'apprentissage de l'écriture cursive n'est plus obligatoire en Finlande, les élèves sont formés à l'utilisation du clavier. Aux États-Unis le mouvement est inverse, l'enseignement de l'écriture manuelle, supprimé en 2014, est de retour depuis 2016 dans les programmes scolaires.

D'un côté, on défend l'écriture manuscrite comme un art traditionnel qui apporterait une identité au message, et qui permettrait de construire la pensée (Chabanne & Bucheton, 2008). De l'autre, on fait valoir les avantages de l'outil informatique : rapidité de la frappe au clavier, correction orthographique, lisibilité des textes, effort moindre (Morphy & Graham, 2011)...

Pour certains auteurs l'apprentissage avec les ordinateurs aurait été surestimé, et il est même jugé délétère. Berninger a, par exemple, déclaré dans l'article de Livni (2017) qu' « il existe un mythe selon lequel, à l'ère de l'informatique, nous n'avons pas besoin d'écrire à la main. Ce n'est pas ce que nos recherches montrent... »

Berninger a mené de nombreux travaux sur l'écriture. Elle a par exemple montré en 2009 que les élèves américains de 2e, 4e et 6e année écrivaient moins de mots au clavier qu'au stylo dans une tâche de composition écrite de texte. Par ailleurs, dans son échantillon, certains élèves avaient des troubles spécifiques du langage écrit. Eux aussi écrivaient moins vite au clavier qu'au stylo, alors que nous pourrions penser qu'ils seraient plus rapides avec l'écriture dactylographique.

Les orthophonistes prennent en charge de nombreux enfants qui présentent un trouble déficitaire de la lecture et de l'orthographe. Des éléments de compensation leur sont rapidement proposés une fois le diagnostic posé : en France, les élèves dyslexiques représentent 30 % des jeunes auxquels des outils informatiques sont attribués dans le milieu scolaire (Bacqué, 2014, p.1).

Dans la rééducation des troubles du langage écrit, les orthophonistes sont libres du choix de leurs outils : ils peuvent privilégier le stylo, le clavier ou encore la tablette. Il semble donc pertinent de s'intéresser aux avantages et aux limites de ces différents outils. L'objectif de ce mémoire est d'apporter aux orthophonistes un éclairage dans le choix de leur outil d'écriture dans le cadre de la rééducation. Pour cela, nous allons analyser les données actuelles en ce qui concerne les différentes modalités d'écriture. Est-ce que l'écriture manuscrite a des vertus qui pourraient favoriser nos axes thérapeutiques que l'informatique n'a pas ? Devons-nous, au contraire, l'abandonner au profit de l'informatique ?

Afin d'apporter les éléments nécessaires à la compréhension de notre recherche, nous commencerons par poser le cadre théorique de notre revue, en définissant la dyslexie-dysorthographe, en développant les modèles cognitifs des processus de lecture et d'écriture et enfin en établissant une synthèse des compétences graphiques des patients dyslexiques-dysorthographiques.

Puis, nous nous pencherons sur la mise en place effective d'un ordinateur auprès d'élèves dyslexiques-dysorthographiques. Il s'agira, par ailleurs, de faire la synthèse des effets des entraînements au traitement de texte sur des compétences du langage écrit, en n'omettant pas de nous interroger sur le coût cognitif qu'implique le clavier. Les effets des entraînements dactylographiques seront comparés aux entraînements à l'écriture manuscrite et aux entraînements à l'orthographe.

Chez les patients dyslexiques-dysorthographiques, la lecture et surtout l'orthographe sont en effet des déficits qui font l'objet d'une prise en charge orthophonique spécifique. Il convient donc de nous pencher sur les effets de la modalité d'écriture sur le développement de la lecture et de l'orthographe. Ces données peuvent en effet être utiles pour réfléchir à la manière dont les orthophonistes peuvent mettre en place la rééducation des patients dyslexiques-dysorthographiques.

Nous montrerons, enfin, que l'écriture manuscrite peut être un outil au sein de la rééducation des déficits orthographiques, notamment à travers l'acte de copie. Des études scientifiques ainsi qu'un protocole de rééducation orthophonique existant nous permettront d'illustrer nos propos et d'émettre des perspectives thérapeutiques.

I. Présentation du cadre de recherche

1. De la « dyslexie » au trouble spécifique des apprentissages en langage écrit.

Dans notre revue de littérature, nous nous sommes intéressés aux troubles spécifiques des apprentissages qui conduisent à des difficultés en lecture et en expression écrite. La dyslexie et la dysorthographe sont des troubles souvent confondus d'où l'importance de la définition du DSM 5 (American Psychiatric Association, 2013).

1.1 Critères diagnostiques de la dyslexie et de la dysorthographe

La dyslexie est un trouble spécifique de la lecture. La dysorthographe, quant à elle, correspond au trouble spécifique de l'orthographe. Ces dysfonctionnements font partie des troubles spécifiques des apprentissages (TSAp). Cette dénomination reconnaît le caractère neuro-développemental du trouble : ce sont des anomalies cognitives qui entraînent, entre autres, l'apparition de difficultés dans les apprentissages.

Plusieurs études (Shaywitz et al., 2002) ont mis en évidence un dysfonctionnement des systèmes neuronaux chez les sujets dyslexiques impliquant les régions postérieures du cerveau (les sites pariétaux et les sites dans la zone occipito-temporale) quelle que soit la langue maternelle du sujet (Paulesu, 2001).

Les TSAp recouvrent la dyslexie et la dysorthographe mais aussi les troubles de la compréhension écrite, de l'expression écrite ou encore de l'arithmétique. Le diagnostic de TSAp doit comporter selon le DSM 5 (American Psychiatric Association, 2013) quatre critères :

- Difficultés à apprendre et mettre en pratique les connaissances académiques. Cela se traduit par la persistance (six mois ou plus) d'au moins un des symptômes suivants malgré la mise en place d'une aide :
 1. Lecture de mots inexacte, lente ou laborieuse,
 2. Difficultés à comprendre la signification de ce qui est lu,
 3. Difficultés d'orthographe lexicale (épeler),
 4. Difficultés dans l'expression écrite,
 5. Difficultés à maîtriser le sens des nombres, les faits numériques, ou le calcul,
 6. Difficultés dans le raisonnement mathématique.

- Ses performances sont déficitaires (par rapport à l'âge chronologique) dans au moins un des six domaines précisés précédemment et elles ont un impact sur la vie quotidienne.
- Si les difficultés d'apprentissage débutent au cours de la scolarité, elles peuvent ne pas se manifester entièrement tant que les demandes concernant ces compétences scolaires ou universitaires altérées ne dépassent pas les capacités limitées du sujet.
- Les difficultés d'apprentissage ne sont pas mieux expliquées par un handicap intellectuel, des troubles non corrigés de l'acuité visuelle ou auditive, d'autres troubles neurologiques ou mentaux, une adversité psychosociale, un manque de maîtrise de la langue de l'enseignement scolaire ou universitaire ou un enseignement pédagogique inadéquat.

Launay (2018) a souligné l'importance de ce dernier critère qui nuance le caractère « spécifique » du trouble en indiquant que l'absence de déficience dans l'un des domaines cités n'est en aucun cas un critère d'exclusion du trouble de l'apprentissage. Un orthophoniste doit être prudent dans son diagnostic : une personne peut être sourde et dyslexique.

Parmi les troubles des apprentissages qui nous intéressent, le trouble spécifique de la lecture peut se définir comme un trouble d'acquisition et/ou de maîtrise de la lecture causé par un déficit de la reconnaissance exacte et rapide des mots écrits (Chaix et al., 2017). Le déficit de lecture porte sur l'exactitude, la fluidité et le rythme de la lecture. Il peut de manière indirecte avoir des répercussions sur la compréhension. Les difficultés surviennent chez des individus à l'intelligence normale, il s'agit d'un trouble sévère et durable.

Le déficit de l'expression écrite quant à lui, porte sur l'exactitude en orthographe, la ponctuation, la grammaire, la clarté ou l'organisation des propositions. Les difficultés orthographiques sont non seulement plus sévères mais surtout plus durables que les difficultés en lecture, ces dernières étant largement compensées après une rééducation orthophonique (Dehaene, 2011, p. 56).

1.2 Relation entre dyslexie et dysorthographe

L'orthographe et la lecture s'appuient sur des processus similaires de traitement du langage écrit. La lecture d'un mot permet son insertion dans le stock lexical orthographique de l'individu. Par conséquent, si la voie d'assemblage ne fonctionne pas correctement, alors le lexique orthographique sera altéré, causant des troubles à la fois de la lecture et de l'orthographe.

On remarque d'ailleurs que la dysorthographe est souvent associée aux troubles spécifiques de la lecture. Même si les troubles de l'orthographe peuvent être observés en dehors des troubles de la lecture, la dysorthographe serait une conséquence de la difficulté de lecture (Casalis et al., 2019, p. 22). Le processus d'auto-apprentissage de l'orthographe, permis par la lecture, pourrait ne pas aboutir normalement car les représentations orthographiques ne peuvent être créées si les mots écrits sont mal décodés. La dysorthographe apparaît donc comme nécessairement associée à la dyslexie.

En outre, nous pouvons ajouter que toutes les langues indo-européennes ne présentent pas le même « degré d'opacité ». La langue française n'est pas « transparente » car la correspondance entre phonèmes et graphèmes est très variable. Plus une langue sera transparente, plus la voie d'assemblage sera intuitive (Jaffré & Fayol, 1997).

Certaines personnes peuvent faire des progrès, voire compenser rapidement la dyslexie mais la dysorthographe reste, elle, durable et difficile à compenser. La plainte la plus courante chez les adultes présentant un trouble spécifique du langage écrit est la persistance de difficultés en orthographe.

Pour ces différentes raisons, dans ce mémoire nous utilisons le concept de « dyslexie-dysorthographe » (DLDO), plutôt que de dyslexie, car les répercussions sur le système orthographique sont inévitables.

2 . Les modèles théoriques des processus de lecture et d'écriture

Les composantes de l'écriture sont l'activité graphomotrice, l'orthographe et la production de texte écrit. Selon Ajuriaguerra (1989, cité par Thoulon-Page et al., 2018), l'écriture manuscrite est « un ensemble de signes symboliques qui possèdent un sens établi à l'avance par une communauté sociale et à son usage. Elle permet un modèle d'échange, c'est un moyen de transmission et de communication au sein propre du groupe. Après son

apprentissage, puis sa maîtrise, elle devient rapidement une manière personnelle de tracer les lettres » (p.7).

Le graphisme est « le caractère propre de l'écriture, et, plus spécialement, l'aspect des caractères particuliers des traces et signes écrits individuels donnant des indications sur leur réalisation psychomotrice. » (Dictionnaire d'orthophonie, 2004).

L'orthographe est la « manière considérée comme seule correcte, et parfois arbitraire, d'écrire les mots propres à une communauté linguistique donnée » (Dictionnaire d'orthophonie, 2004).

Afin de comprendre les difficultés des patients dyslexiques-dysorthographiques, nous développerons ici les modèles psycholinguistiques actuels sur les processus de lecture, d'écriture et d'orthographe. Par ailleurs, nous mettrons en évidence les différences causées par l'utilisation de l'outil scripteur ou de l'outil dactylographique dans la production écrite.

2.1 Lecture

Pour mieux comprendre le langage écrit en production, il est important de comprendre les processus en jeu dans la réception du langage écrit, c'est-à-dire la lecture. La première composante du modèle de Coltheart et al. (2001) concerne la reconnaissance des traits visuels, qui permet de traiter n'importe quel stimulus visuel. La seconde composante, les unités de lettres, est spécifique à la lecture. À partir d'elle, deux voies de lecture sont possibles : la voie phonologique (non-lexicale) et la voie orthographique (lexicale).

La voie phonologique permet d'identifier et convertir les unités de l'écrit (lettres, graphèmes, rimes, syllabes) en unités phonologiques, pour enfin les assembler. La voie orthographique part de la représentation issue du mot écrit qu'elle associe à une entrée orthographique stockée en mémoire à long terme. Lorsque l'entrée orthographique est déclenchée, elle active la représentation lexicale phonologique correspondante afin de prononcer le mot.

Ce modèle est imparfait dans la mesure où il a été conçu à partir des performances des adultes. De plus, les deux voies ne semblent pas si indépendantes l'une de l'autre. Le traitement des mots pourrait plutôt s'effectuer en activant et en combinant des unités infra lexicales de taille inférieure au mot, dont la combinaison est plus ou moins fréquente (Fayol, 2017).

Lors du bilan orthophonique nous pouvons déduire, à partir des erreurs en orthographe lexicale et en orthographe phonétique, qu'une des deux voies est plus touchée que l'autre. Mais souvent, ce sont les deux voies qui sont atteintes, ou bien l'atteinte d'une des deux voies qui a une incidence sur l'autre.

2.2 La production écrite

Nous nous sommes largement appuyés sur l'article de Jucla et al. (2012) pour faire la synthèse de ces modèles. On distingue les processus centraux (orthographe) des processus périphériques (graphomotricité).

2.2.1 Processus centraux

Le cerveau active des codes ainsi que des représentations sémantiques (propriétés de l'objet) lorsque nous avons une idée ou voyons un objet (Hillis et al., 1990). La forme orthographique de l'unité lexicale à produire est ensuite récupérée dans le lexique orthographique, qui se définit comme l'ensemble des connaissances stockées en mémoire à long terme sur la forme écrite du mot.

Comme en lecture, pour l'orthographe le modèle à double-voie est retenu (Caramazza, 1988) : il s'agit dans un premier temps de traiter la forme sonore du stimulus en analysant ses propriétés phonétiques. On parle ensuite d'écriture par assemblage (le mot est segmenté en phonèmes puis converti en graphèmes) ou adressage (la forme orthographique du mot est directement récupérée dans le lexique orthographique). Les unités orthographiques sont ensuite stockées dans un buffer graphémique, dont le temps de stockage est déterminé entre autres par la longueur du mot. (Jucla et al., 2012, p.4)

2.2.2 Traitements périphériques

Les composantes périphériques du processus d'écriture incluent le « système allographique », un système d'attribution d'une forme graphique aux graphèmes abstraits (/a/). Il permet de donner une forme graphique spécifique (a, A, a, A) à chaque représentation graphémique qui compose le mot. Les composantes graphomotrice et motrice s'appuient ensuite sur les représentations allographiques pour programmer les mouvements des muscles.

Notons que dans une tâche d'épellation ou d'écriture sur clavier, le système

allographique n'est pas sollicité bien que les composantes motrices le soient, puisqu'il faut articuler les sons de la parole ou taper les lettres au clavier (Jucla et al., 2012, p.6).

2.2.3 Réseaux cérébraux de l'écriture

Les réseaux cérébraux impliqués dans l'écriture sont encore mal connus mais la littérature distingue les aspects orthographiques, centraux, des aspects moteurs qui sont périphériques. Pinto & Sato (2016) ont réalisé une synthèse des recherches actuelles et retiennent les régions cérébrales suivantes :

Processus centraux :

- la jonction frontale inférieure gauche
- le cortex temporal postérieur inférieur gauche

Ces deux régions seraient spécifiques à l'orthographe, mais les représentations orthographiques seraient stockées grâce au gyrus temporal inférieur postérieur. Purcell et al. (2011) ont constaté que l'orthographe dactylographiée activait un réseau similaire à l'orthographe manuscrite dans l'hémisphère gauche (gyrus frontal inférieur, le gyrus frontal moyen/supérieur, le gyrus supramarginal, le lobe pariétal supérieur et le gyrus fusiforme).

Par ailleurs, l'aire de la forme visuelle des mots (« boîte aux lettres »), connue pour être active dans des tâches de lecture, l'est également dans les tâches de production orthographique (Purcell et al., 2011).

Processus périphériques :

- le cortex prémoteur (BA6)
- le cortex moteur et somatosensoriel (aires de Brodmann 4 et 3)
- le cortex pariétal supérieur (BA7)
- le cortex temporal postérieur (BA37)
- le cervelet
- l'aire d'Exner ou Graphemic/Motor Frontal Area GMFA
- la partie antérieure du lobule pariétal supérieur gauche LPS
- la partie postérieure du gyrus frontal supérieur gauche GFS

2.2.4 Les différents stades de l'écriture :

Entre le CP et le CM1, l'enfant se focalise sur les aspects techniques de l'écriture comme la tenue du crayon par exemple. C'est le stade pré-calligraphique. Puis l'enfant atteint le stade calligraphique, pendant lequel il chemine vers un équilibre graphique général, sans maîtriser totalement le geste. Le stade post-calligraphique démarre alors à partir de 12 ans : l'enfant s'adapte aux nouvelles exigences de vitesse. Il est essentiel dans ce nouveau contexte que l'écriture et l'orthographe soient les plus automatisées possibles pour que les capacités attentionnelles de l'enfant ne soient pas dépassées.

Par ailleurs, on peut observer l'émergence d'une identité graphique (Thoulon-Page et al., 2018, pp. 29-36). Le degré d'automatisation d'une écriture s'évalue en observant le mouvement graphique : lettre à lettre, dans des séquences de deux à trois lettres, trois lettres successives puis deux à trois mots de suite...

Lorsque le mouvement « coule » naturellement, on peut parler d'automatisation de l'écriture. Thoulon-Page et al. (2018) soulignent toutefois que l'automatisation n'est pas possible s'il y a des hésitations orthographiques (p. 36). Avant d'étudier les effets de la modalité d'écriture sur les apprentissages, nous nous sommes penchés sur les compétences graphiques des patients présentant un trouble spécifique en orthographe et en lecture.

3 . Les difficultés graphiques des patients dyslexiques-dysorthographiques:

Hormis les déficits de la lecture et de l'orthographe, les patients dyslexiques-dysorthographiques ont-ils des difficultés graphiques et si oui, de quel ordre ? Pour répondre à cette question, nous avons sélectionné des études qui évaluent l'écriture des enfants avec DLDO. Nous nous sommes concentrés sur les études qui évaluaient la vitesse et la qualité d'écriture.

3.1 Dyslexie-dysorthographie et trouble de l'écriture

L'écriture est dite déficiente lorsqu'elle est trop lente, mais aussi lorsqu'elle est difficilement lisible, peu soignée. Elle peut également être coûteuse c'est-à-dire fatigante ou douloureuse (Thoulon-Page et al., 2008, p.49). La dysgraphie est un trouble du langage écrit affectant le geste graphique et l'aspect formel de l'écriture (Dictionnaire d'orthophonie, 2004).

Dans notre étude, qui s'interroge sur le rôle de l'écriture manuscrite dans la rééducation des patients présentant un trouble d'apprentissage spécifique du langage écrit, nous pouvons, dans un premier temps, nous demander si ces patients ont des compétences motrices et graphiques suffisantes. Une comorbidité apparaît dans plusieurs études : on retrouve en effet souvent une dysgraphie avec une dyslexie-dysorthographe (Albaret et al., 2013, p. 2). Pour Soppelsa et al. (2016) la prévalence des troubles du graphisme varierait entre 5 et 27% dans la dyslexie.

En évaluant la fonction motrice fine de quatre-vingts enfants brésiliens de 7 à 12 ans, et en analysant leur écriture manuscrite à partir d'une dictée, Capellini et al. (2010) ont montré que 85% des enfants de leur échantillon diagnostiqués avec un trouble des apprentissages présentaient une dyslexie associée à une dysgraphie. Il n'est donc pas étonnant qu'un ordinateur soit proposé aussi souvent aux élèves qui ont un trouble spécifique du langage écrit (Bacquelé, 2014).

En parcourant différents articles scientifiques, nous avons constaté que la majorité des auteurs acceptent aujourd'hui l'idée que les enfants présentant un trouble spécifique du langage écrit en lecture et/ou en orthographe écrivent de manière trop lente et avec une écriture peu qualitative. (Rose, 2009).

3.1.1 Vitesse d'écriture des enfants dyslexiques-dysorthographiques

Nous avons tout d'abord axé notre recherche sur la vitesse d'écriture des enfants avec DLDO. Est-elle ralentie chez ces personnes et dans ce cas, est-ce que cela relève d'une difficulté graphomotrice ?

Søvik et al. (1987) ont comparé l'écriture de soixante-douze enfants âgés de 9 ans répartis en trois groupes de normo-scripteurs, dyslexiques et dysgraphiques, à travers une épreuve de dictée effectuée dans leur laboratoire. Nous notons que, dans cette étude, les auteurs soulignent une grande hétérogénéité entre les participants d'un même groupe. Il nous manque par ailleurs des informations quant à un éventuel suivi pédagogique ou orthophonique. De plus, compte tenu de l'âge des enfants, nous n'avons pas trouvé pertinent que chaque participant ait été comparé dans ses différentes compétences (vitesse d'écriture, nombre d'erreur, rythme...) à un adulte.

Cette étude montre néanmoins plusieurs différences significatives entre les groupes : la lisibilité des enfants normo-scripteurs est meilleure que celle des deux groupes d'enfants

dyslexiques et dysgraphiques. Cependant, la différence est plus marquée pour les sujets dysgraphiques.

La vitesse d'écriture des enfants avec DLDO est lente, surtout pour l'écriture de mots : les auteurs indiquent que « la principale raison pour laquelle les participants dyslexiques utilisent plus de temps pour écrire que les autres groupes, semble être une difficulté pour se souvenir comment les mots peu fréquents doivent être orthographiés » (p.233).

Martlew (1992), a également étudié l'écriture d'enfants dyslexiques-dysorthographiques âgés de 10 ans dans des tâches de copie et de dictée. Ces enfants présentaient des différences et des retards de développement de l'écriture par rapport aux enfants du même âge chronologique (enfants de 10 ans) ou du même niveau d'orthographe (enfants de 8 ans).

La plupart de leurs scores se situaient entre les deux groupes de comparaison. Les enfants dyslexiques-dysorthographiques étaient par exemple plus rapides que les enfants de 8 ans dans les tâches de copie avec des scores proches de ceux des enfants de 10 ans. Dans la tâche de dictée, leur vitesse était similaire à ceux de 8 ans. Au demeurant, la lisibilité des enfants dyslexiques-dysorthographiques était proche de celle des enfants de 8 ans.

En 2017, Sonia Kandel et son équipe se sont intéressés de manière plus précise à l'impact du déficit de l'orthographe d'enfants dyslexiques-dysorthographiques (groupe expérimental âgé en moyenne de 11,5 ans) sur le mouvement de production écrite à l'aide de tablettes graphiques, dans une épreuve de copie de mots : cette épreuve leur permettait de minimiser le nombre d'erreurs possibles et ainsi comparer la production des lettres avec exactitude. Souvent citée dans les revues scientifiques, l'étude de Kandel et al. (2017) a attiré notre attention car elle montrait que, quelle que soit la fréquence des mots irréguliers, ces derniers nécessitaient de plus de temps pour être copiés pour le groupe expérimental (avec DLDO).

Ce groupe expérimental levait par ailleurs plus les yeux pendant la tâche de copie, surtout quand les mots avaient une faible fréquence. Néanmoins, en examinant la méthodologie des auteurs, nous nous sommes aperçus que Kandel et al. (2017), avaient recruté des patients présentant une DLDO et une dysgraphie associées, nous avons donc choisi d'exclure cette étude de notre revue de littérature.

La vitesse graphomotrice des enfants dyslexiques-dysorthographiques semble donc, à la lecture de ces articles, retardée par des exigences orthographiques.

3.1.2 Qualité d'écriture des enfants dyslexiques-dysorthographiques

Dans l'étude de Martlew (1992) précédemment citée, l'évaluation de la qualité d'écriture, dont la lisibilité était moindre, permettait à l'auteur de conclure que les enfants avec DLDO avaient des schémas graphomoteurs insuffisants dans l'orthographe et dans la formation des lettres. Nous pouvons noter toutefois que l'évaluation de la qualité de l'écriture n'a pas été effectuée à l'aide d'un test standardisé mais par des « juges indépendants ». Cette limite n'a toutefois pas été relevée par l'auteur qui a estimé que l'écriture des enfants dyslexiques était souvent « mal formée » et « immature ».

Berninger et al. (2008) ont enfin montré que des enfants dyslexiques-dysorthographiques (cent vingt-deux enfants âgés de 11,5 ans en moyenne) écrivaient, dans une tâche d'écriture de lettres isolées de quinze secondes, moins de lettres suffisamment lisibles que les enfants au développement normal. Si cette information est intéressante, le facteur temporel (15 secondes pour réaliser une tâche) nous a interrogés. Pour nous, un délai si court est en contradiction avec une évaluation qualitative de l'écriture, car écrire soigneusement demande du temps.

À la lecture de ces articles, il nous a semblé difficile de considérer que la qualité graphique des patients présentant une dyslexie-dysorthographie étaient impactée. Les liens entre vitesse du geste d'écriture, complexité orthographique et qualité graphique sont apparus comme très étroits. Pour approfondir notre recherche, il a donc fallu considérer l'écriture de manière plus globale, c'est-à-dire en prenant en compte l'orthographe comme une partie de l'écriture, au même titre que la graphomotricité.

3.1.3 Vitesse, qualité d'écriture et complexité orthographique

La présence ou l'absence de difficultés graphiques de patients avec DLDO ne saurait en effet être évaluée sans prendre en compte leur déficit orthographique. Gosse & Van Reybroecke (2020) ont réalisé une étude complète qui nous a permis de mieux comprendre la nature des difficultés graphiques des patients avec DLDO. Les participants étaient des enfants

belges francophones. Les auteurs ont évalué l'écriture de ces derniers et ont comparé leurs résultats avec des enfants sans DLDO.

Pour cela, ils ont eu recours à une tâche de dictée de quarante mots sur une tablette numérique. Les mots de la dictée avaient une complexité orthographique et graphique variable, afin de déterminer comment chaque mot pouvait influencer les résultats en orthographe et en écriture.

Les auteurs ont comparé trois groupes composés chacun de vingt-trois enfants : un groupe d'enfants dyslexiques-dysorthographiques (âge moyen : 9 ans), un groupe du même âge chronologique et un autre groupe du même âge orthographique (âge moyen : 7,5 ans). L'évaluation portait sur la précision de l'orthographe, la qualité de l'écriture et la vitesse d'écriture. Chaque évaluation a été rendue possible par des tests standardisés et reconnus.

Les résultats n'ont montré aucune différence globale de la qualité de l'écriture manuscrite entre les trois groupes, contrairement à ce qu'avait pu par exemple affirmer Martlew (1992). Nous supposons que les outils d'évaluation, permis par une technologie plus avancée ainsi que des tests standardisés, ont conduit à une analyse plus fine de la qualité d'écriture des participants.

Les enfants dyslexiques-dysorthographiques ont écrit aussi vite que les enfants au développement normal du même âge, ce qui va dans le même sens que l'étude de Sumner et al. (2013). Dans cette étude, les enfants dyslexiques-dysorthographiques écrivaient la même quantité de lettres par minute que les enfants au développement normal de leur âge dans la tâche alphabétique. Pour Gosse & Van Reybroecke (2020) la vitesse d'écriture dépendrait donc du niveau scolaire, car il s'agit d'une compétence qui doit être pratiquée et entraînée pour devenir de plus en plus automatique au fil des années.

L'étude de Gosse et Van Reybroecke (2020) a tout de même relevé des différences significatives en ce qui concerne l'impact de la complexité graphique sur les résultats de l'écriture. En effet, les enfants dyslexiques-dysorthographiques sont davantage touchés par la complexité graphique des mots. Ces résultats soutiennent par conséquent l'idée que ces enfants soient aux prises avec les aspects graphomoteurs de l'écriture. Cela doit être pris en compte à l'école comme en rééducation orthophonique.

Si les enfants atteints de dyslexie-dysorthographie ne présentent pas de difficultés évidentes d'écriture, ils semblent plus sensibles à la complexité graphique que les enfants au développement normal.

Notons que dans l'étude de Sumner et al. (2013) précédemment citée, les enfants dyslexiques-dysorthographiques écrivaient moins de mots par minute que les enfants au développement normal dans l'épreuve de composition de texte. La complexité de la tâche d'écriture demandée (copie, dictée ou composition écrite) est donc à prendre en compte dans l'évaluation de la vitesse d'écriture des enfants avec une DLDO.

Ainsi plus la tâche est difficile et plus les difficultés d'écriture s'amplifient, tant en ce qui concerne la précision de l'orthographe que la vitesse et la qualité de l'écriture. Il paraît donc nécessaire d'évaluer et de développer des capacités d'écriture manuscrite efficaces pour faire face à la demande graphomotrice induite par l'écriture des mots, à travers la rééducation orthophonique.

3.2 Origine des difficultés graphomotrices

L'origine des difficultés graphomotrices chez les patients dyslexiques-dysorthographiques est débattue. Plusieurs hypothèses émergent dans la littérature. Si les déficits du rythme et de l'imitation ont pu être démontrés chez certains patients dyslexiques (Wolff, 2002), peu d'études ont fait le lien entre difficultés motrices ou graphomotrices chez les personnes dyslexiques-dysorthographiques et difficultés d'écriture. Pour Martlew (1992), la différence de résultats de l'évaluation de la vitesse dans différentes tâches (copie et dictée) montre par exemple que les difficultés des sujets dyslexiques ne sont pas causées par des limites motrices.

Fawcett & Nicolson (1992) ont avancé l'hypothèse selon laquelle la DLDO était la manifestation d'un déficit d'automatisation de toutes les performances, qu'elles soient motrices ou cognitives. Ils ont réalisé une série d'expériences dans des conditions de mono-tâche et de double tâche. Le principal exercice consistait par exemple à compter à rebours à partir d'un nombre donné par l'expérimentateur, tandis que la seconde tâche demandée simultanément était la construction d'une tour avec des briques pour enfants.

Fawcett & Nicolson (1992) ont comparé les performances d'enfants dyslexiques-dysorthographiques de 11 et 15 ans avec celles d'enfants au développement normal du même âge. S'il n'y a pas eu de différences entre les groupes dans les conditions de mono-tâche, l'introduction d'une tâche secondaire simultanée a conduit à une dissociation : alors que l'équilibre des enfants sans trouble des apprentissages n'était pas affecté, celui des enfants

dyslexiques-dysorthographiques était significativement altéré. Il en ressort que les enfants au développement normal s'équilibrent automatiquement en situation de double tâche alors que les enfants avec DLDO ne le font pas. Ces résultats confortent l'idée qu'au lieu d'un trouble moteur associé, on peut supposer que les performances motrices des personnes dyslexiques sont dégradées à cause de la situation de double tâche, présente notamment dans les tâches d'écriture.

Sumner et al. (2014) ont voulu déterminer si l'orthographe déficitaire des enfants avec DLDO pouvait influencer la production écrite, notamment dans le choix du vocabulaire. Trente-et-un enfants dyslexiques (âge moyen : 9 ans) ont été comparés à des groupes d'enfants au développement normal : le premier correspondant à leur âge chronologique, le second à leur niveau d'orthographe (6 ans et demi). À l'oral, le niveau de vocabulaire des trois groupes a d'abord été mesuré, puis on a demandé aux trois groupes d'effectuer une tâche de composition écrite, et enfin une tâche verbale (orale).

Les enfants atteints de DLDO et le groupe d'enfants plus jeunes ont fait beaucoup d'erreurs orthographiques, des pauses à l'intérieur des mots, et avaient une diversité lexicale plus faible dans leurs compositions écrites par rapport à leurs performances à l'oral. Le groupe à l'âge chronologique des participants dyslexiques, en revanche, avait des résultats inverses. Le niveau d'orthographe et le nombre de pauses ont permis de prévoir 53 % de la variance de la diversité lexicale écrite des enfants dyslexiques-dysorthographiques.

Les exigences qu'impliquent l'écriture et l'orthographe chez les enfants avec DLDO ont été mises en évidence par l'écart entre leurs performances lexicales écrites et orales. L'étude démontre que la pauvreté lexicale manifeste dans les productions écrites par des enfants dyslexiques est davantage liée à leur niveau d'orthographe qu'à leurs connaissances lexicales.

Ces résultats confirment l'hypothèse selon laquelle, pour les enfants atteints de dyslexie-dysorthographie, l'orthographe est un processus cognitif coûteux. Les déficits en orthographe et en lecture pourraient altérer de manière significative la qualité et surtout la vitesse de l'écriture de ces enfants. Pour Abbott et al. (2010) les capacités orthographiques permettaient en effet de prévoir les compétences d'écriture tout au long de l'école primaire.

L'ensemble des études tend donc à expliquer que les difficultés d'écriture des sujets dyslexiques-dysorthographiques sont plutôt dues à une contrainte orthographique, à gérer en même temps que le graphisme lui-même, qu'à une contrainte motrice.

4. Conclusion

Les personnes qui présentent un déficit en lecture et en orthographe sont susceptibles de présenter des difficultés graphomotrices, voire une dysgraphie associée. Si la qualité graphique ne semble pas toujours atteinte, la vitesse d'écriture, en revanche, paraît mise à mal, notamment à cause de la contrainte orthographique.

Nous devons donc avoir en tête que les patients qui viennent avec une plainte en lecture et/ou en orthographe peuvent aussi présenter des difficultés en écriture. Évaluer le graphisme semble donc une étape nécessaire, en commençant par des questions lors de l'anamnèse, en consultant des productions écrites du patients. Une évaluation fine et objective du graphisme doit, de plus, être envisagée. Les orthophoniste disposent pour cela de tests comme le BHK, l'échelle d'évaluation rapide de l'écriture chez l'enfant et adolescent (Charles, Soppelsa & Albaret, 2004 ; Soppelsa et Albaret, 2013).

Contre les difficultés graphomotrices objectivées dans un bilan, nous pouvons proposer une prise en charge orthophonique (rééducation des troubles du graphisme et de l'écriture, AMO 10). Le patient peut également avoir besoin d'un psychomotricien ou d'un graphothérapeute. Mais, puisque l'origine des difficultés d'écriture semble avant tout liée au déficit en orthographe, c'est la remédiation de ce dernier qui reste notre axe thérapeutique principal.

Le recours à un outil palliatif, le traitement de texte, apparaît comme particulièrement adapté, notamment à l'école. Comment est-il mis en place auprès des patients dyslexiques-dysorthographiques ?

II. Mise en place d'un outil palliatif, l'ordinateur

Dans cette partie, nous avons voulu faire un état des lieux de l'usage de l'informatique par les enfants présentant une DLDO. Les articles que nous avons recueillis s'intéressent principalement à un usage scolaire.

Pour que le traitement de texte soit efficient, il nous a semblé important de mettre en place un entraînement informatique. Nous nous sommes donc ensuite intéressés aux entraînements informatiques et notamment celui du clavier dans le but de favoriser les apprentissages. Pour cela, nous nous appuyons principalement sur la synthèse d'Aparicio et al. (2019).

À la lecture de ces différents articles, les difficultés que pouvait impliquer la gestion du clavier est apparue à plusieurs reprises, c'est pourquoi nous terminerons par nous interroger le coût cognitif du traitement de texte.

1. Utilisation scolaire de l'informatique par les élèves dyslexiques-dysorthographiques

Bacquelé (2012) a établi un profil précis des élèves diagnostiqués dyslexiques-dysorthographiques bénéficiant d'un outil informatique en France. Sur les cinquante-deux élèves de collège et lycée sélectionnés disposant d'ordinateurs, la moitié ne parvenait pas à l'utiliser en classe, et neuf ne l'utilisaient pas du tout.

En approfondissant ses recherches à l'échelle départementale, Bacquelé (2014) a pu montrer que chez ces individus, la part des élèves présentant des difficultés d'écriture voire une dysgraphie associée était très importante. Ce constat correspond aux données que nous avons pu recueillir quant aux difficultés graphomotrices des enfants avec DLDO.

Les éléments qui nous intéressent particulièrement dans son étude sont les freins à l'utilisation efficiente de l'ordinateur. Les raisons de la mauvaise utilisation des outils palliatifs sont en partie externes, c'est-à-dire relevant des contraintes matérielles (poids du matériel, organisation, mathématiques...). Mais l'étude montre que les causes sont principalement internes : la stigmatisation provoquée par l'utilisation de l'ordinateur et le sentiment de honte vis-à-vis des autres qu'elle entraîne serait la principale raison de la faible, voire de la non-utilisation, de l'ordinateur en classe.

Les travaux de Bacquelé (2014) mettent en lumière d'autres limites au numérique : les élèves peuvent obtenir du matériel informatique sans qu'un professionnel ne leur permette de se l'approprier : sur les soixante-trois élèves de l'échantillon, vingt-sept n'avaient aucun suivi. Seulement un quart d'entre eux a pu être accompagné par un professionnel (ergothérapeute le plus souvent) pour la prise en main de l'ordinateur. « Penser l'accessibilité des apprentissages par le truchement de l'informatique, c'est indéniablement ne pas oublier de mettre les outils au service des élèves et non adapter les élèves aux contraintes de ces outils » (Bacquelé, 2014, p.11).

La mise en place d'un outil informatique ne saurait donc se passer d'un enseignement ainsi que d'un entraînement spécifiques. Nos lectures ont mis en lumière les effets de ces entraînements sur les apprentissages des enfants.

2 . Effets des entraînements au traitement de texte

D'après la littérature scientifique, quels sont les bénéfices que nous pouvons attendre d'un entraînement au traitement de texte sur la maîtrise de la frappe au clavier, mais aussi sur les aspects propres au langage écrit comme la longueur la production écrite, l'orthographe, la syntaxe ?

2.1 Population générale

La plupart des études examinant les effets des logiciels de traitement de texte attestent d'effets positifs sur la production écrite. Rogers & Case-Smith (2002) soulignent toutefois qu'il faut au moins 20 heures d'entraînement pour que la vitesse en dactylographie soit aussi rapide que l'écriture manuscrite pour des enfants âgés de 10 à 11 ans.

La méta-analyse de Bangert-Drowns (1993) passe en revue trente-deux études qui comparent chacune deux groupes d'étudiants tout-venant (6 à 17 ans, de nationalités différentes) recevant un enseignement de l'écriture identique, mais qui ne permettent qu'à un seul groupe d'utiliser le traitement de texte pour les travaux d'écriture. L'enseignement et l'évaluation ont eu lieu soit dans une salle de classe, soit dans un laboratoire.

Sur vingt-huit études, vingt-sept montrent des effets positifs du traitement de texte sur la longueur et la qualité du texte. Nous considérons toutefois qu'il faut rester prudent sur cette conclusion : cet effet reste en effet faiblement significatif pour vingt études.

Bangert-Drowns (1993) admet en outre dans sa méta-analyse qu'il est difficile de savoir si ces résultats positifs sont la conséquence de l'enseignement de la frappe au clavier donné ou des compétences propres aux sujets.

L'aspect motivationnel est en effet relevé comme une variable importante dans ces résultats par l'auteur. Néanmoins, la motivation ne semble pas s'améliorer après l'enseignement, c'est-à-dire que les enfants n'aiment pas plus écrire après l'apprentissage au clavier. Dans les études de cette méta-analyse qui mesurent la motivation des sujets, cette dernière est directement corrélée à la qualité de l'écriture, qu'elle soit manuelle ou dactylographique.

Bangert-Drowns (1993) suppose en tout cas que le traitement de texte permet à ses utilisateurs de s'entraîner à réfléchir à des aspects « de niveau supérieur » de l'écriture (l'organisation et la clarté) en rendant les tâches « mécaniques » plus simples (p. 86).

Christensen (2004) a sélectionné un groupe de trente-cinq élèves australiens qui avaient un faible niveau de compétence en frappe au clavier. Elle a fait bénéficier à dix-sept d'entre eux un entraînement régulier (vingt minutes par jour pendant huit semaines) au traitement de texte, l'autre groupe de dix-huit élèves formait un groupe contrôle et devait tenir un journal électronique sans bénéficier du programme d'entraînement à la frappe au clavier.

Les deux groupes d'étudiants ont bénéficié des deux formes d'intervention en termes de capacité à taper des lettres au clavier, et surtout de qualité du texte (originalité, créativité, organisation, logique et précision) qu'il soit dactylographié ou manuscrit.

Enfin, le développement de la maîtrise de la frappe n'a pas entraîné d'améliorations du texte manuscrit supérieures à celles du groupe contrôle. Le groupe expérimental n'a pas écrit de texte significativement plus long que le groupe contrôle en post-test.

2.2 Enfants en difficulté ou présentant un trouble dans le langage écrit

Nous nous sommes par la suite intéressés à la méta-analyse de Morphy & Graham (2011). Elle analysait également les effets du traitement de texte sur les étudiants, mais ces derniers avaient des difficultés en lecture, en écriture ou présentaient des troubles des apprentissages. Ici, on constate également que l'entraînement au traitement de texte a eu des effets positifs sur les élèves en difficulté : la longueur des textes était plus grande, la qualité sémantique plus élaborée. Toutefois cette étude ne montre pas d'effet sur le lexique, la

grammaire ou encore l'orthographe, domaines qui nous intéressent particulièrement dans le champ de la rééducation orthophonique puisqu'ils sont déficitaires chez les patients avec DLDO.

Lewis (1998) a, enfin, montré qu'en entraînant un groupe composé d'enfants âgés de 12 ans avec et sans trouble d'apprentissage à un logiciel de traitement de texte, tous les participants produisaient moins d'erreurs (orthographiques ou syntaxiques) dans le texte. Nous avons toutefois relevé que les résultats indiquent que la saisie au clavier est un mode de saisie de texte plus lent que l'écriture manuscrite pour les élèves qui présentaient un trouble spécifique des apprentissages. Cette lenteur de frappe nous a interpellés : se pose alors la question de la gestion du clavier et du coût cognitif qu'elle implique, notamment pour les élèves présentant un trouble spécifique du langage écrit.

3 . Coût cognitif du clavier

L'écriture dactylographique est souvent considérée comme un moyen permettant d'alléger la charge cognitive qu'implique la transcription graphique. Quand nous tapons, nous appuyons simplement sur une touche alors que quand nous écrivons, chaque production de lettre exige un mouvement différent qu'il faut planifier. Mais lorsque nous écrivons manuellement, le regard se porte en même temps sur le geste et la trace. Au clavier en revanche, il n'y a pas de trace mais un résultat à l'écran, éloigné du clavier. Les bons dactylographes regardent uniquement l'écran après un long apprentissage et de l'entraînement. Le coût cognitif du traitement de texte serait tel que les performances rédactionnelles en seraient grandement altérées (Aparicio et al., 2019).

Christensen (2004) a montré dans son étude qu'il existait une forte corrélation entre l'intégration orthographico-motrice (*orthographic-motor integration*, qui fait référence à la manière dont les connaissances orthographiques sont intégrées aux exigences motrices de l'écriture) et la production écrite, surtout lors des premières années d'études mais aussi jusqu'aux études supérieures.

À partir d'un échantillon de deux cent soixante-seize étudiants, l'auteure a montré que cette corrélation était encore plus importante pour les textes tapés que les textes écrits manuellement : l'écriture manuelle était à l'origine de 19 % de la variance de la qualité de

l'écriture et de 9 % de la fluidité. La dactylographie quant à elle représentait 29 % de la variance de la qualité du texte et 30 % de la fluidité.

Ce constat est cohérent avec l'étude de Peake et al. (2016) qui avait montré que les compétences rédactionnelles (le nombre d'erreurs dans le texte et la fluence de production) étaient associées fortement au niveau de maîtrise de la frappe au clavier : la production dactylographique, en ce sens, mobilise une part importante de ressources cognitives.

Connely et al. (2007) ont évalué la maîtrise de l'écriture de trois cent douze enfants âgés entre 4 et 11 ans, dans les modalités manuscrite et dactylographique. L'étude montre une forte corrélation entre l'écriture manuscrite et la vitesse de frappe. De plus, l'écriture manuscrite était systématiquement plus rapide que la frappe au clavier, quel que soit l'âge des participants, à l'exception d'une minorité d'enfants de 5e et 6e années (10-11 ans).

Les élèves de 5e et 6e année, qui avaient développé de meilleures compétences en écriture manuscrite et dactylographique, ont ensuite été évalués sur la qualité de leur production écrite. Elle était supérieure dans les textes écrits à la main, sur le plan linguistique et sémantique, ce qui n'est pas la conclusion relevée dans la méta-analyse de Morphy & Graham (2011). Dans ces domaines, certains textes tapés avaient jusqu'à deux ans de retard par rapport à ce qu'on attend des textes écrits à la main par des enfants de 10 à 11 ans.

4. Comparaison de trois entraînements aux modalités d'écriture différentes

Alves et al. (2016) ont comparé auprès de soixante-deux participants portugais, âgés de 7-8 ans, trois programmes d'entraînement s'étendant sur dix semaines, à raison de quatre séances de trente minutes chaque semaine. Les enfants ont été affectés aléatoirement à l'un des trois programmes d'intervention de l'étude.

Ces programmes correspondaient à trois enseignements différents : le premier avait pour but de développer l'écriture manuscrite, le deuxième l'écriture dactylographique et le troisième l'orthographe à travers un enseignement explicite. Pour chaque condition, de petits groupes ont été constitués de 5 ou 6 élèves. La motivation des participants pour écrire a été favorisée par la création d'un environnement pédagogique calme, positif et collaboratif, ainsi que par la proposition d'activités attrayantes et agréables.

Afin d'évaluer la maîtrise de l'écriture et la précision de l'orthographe, les niveaux de langue écrite et les performances en matière de production de textes manuscrits, tous les

enfants ont été évalués avant et après le programme. Ils devaient écrire une petite histoire à partir d'un contexte donné.

Pour le programme de l'écriture manuscrite, l'objectif était de produire les lettres de la manière la plus aisée possible. Les premières leçons ont visé la production des lettres de manière isolée à partir de modèle (avec des flèches pour diriger le tracé), puis en cachant le modèle et en reproduisant la lettre de mémoire. Le travail de copie et de production de mémoire faisait également partie du programme : les participants ont été invités à produire ces lettres dans des mots (en position initiale), puis des phrases pour terminer par la production de texte.

L'entraînement au clavier avait pour finalité de gagner en vitesse mais aussi en précision dactylographique : produire le mieux possible et le plus vite possible au clavier. Le travail visait donc la lettre, le mot, la phrase et le texte en tâche de copie mais aussi de production. L'entraînement orthographique avait pour objectif la production de mots orthographiquement corrects. Le travail a donc porté sur l'apprentissage des correspondances grapho-phonémique dans la langue portugaise.

Afin de vérifier si un enseignement explicite de l'orthographe était nécessaire pour améliorer les performances orthographiques ou si une simple exposition passive aux mots cibles suffisait pour les améliorer, les mots utilisés dans les leçons étaient les mêmes que ceux utilisés dans l'intervention sur l'écriture manuscrite, mais ils différaient de ceux utilisés dans l'intervention sur la frappe au clavier.

Les résultats de cette étude ont montré que ce sont les participants à l'entraînement graphomoteur qui ont d'une part produit un nombre de lettres conformes plus élevé (par rapport à ceux utilisant le clavier), et, d'autre part, produit le plus de mots par rapport à ceux qui avaient bénéficié de l'entraînement à l'orthographe. Ce sont également eux qui ont copié le plus de mots entre deux pauses par rapport aux deux autres groupes.

Enfin, l'étude a indiqué que les enfants ayant bénéficié de l'entraînement graphomoteur ont produit des histoires plus longues et de meilleure qualité que ceux qui ont bénéficié de l'entraînement au clavier, avec moins de pauses.

L'étude ne relevait aucun bénéfice par rapport aux éléments rédactionnels, à l'orthographe, la syntaxe dans la situation de l'écriture manuscrite : ce sont les enfants qui ont bénéficié de l'entraînement orthographique qui ont écrit le plus de mots correctement orthographiés.

5. Conclusion

Suite à l'analyse de ces différentes études et aux fortes contradictions observées, il est délicat de conclure sur les bénéfices réels de l'ordinateur. La vitesse d'écriture, la qualité des textes ne sont pas forcément améliorées par un entraînement informatique, mais il est certain que la maîtrise de l'outil informatique (son automatisation) est encore plus nécessaire que celle de l'écriture manuscrite avant tout usage scolaire. Les outils numériques peuvent présenter des intérêts pour certains élèves, notamment en recréant une motivation autour de la production écrite. Il existe donc dans l'informatique une valeur pédagogique certaine, surtout quand les entraînements sont réguliers et réalisés en petits groupes.

Mais les outils numériques comportent aussi des limites qu'il faut considérer avec prudence dans la prise en soin des patients dyslexiques-dysorthographiques. L'absence d'effet sur le niveau en orthographe, très déficitaire chez les patients avec DLDO, est par exemple à prendre en compte. Il ne faut pas, en outre, considérer ces outils comme nécessairement palliatifs notamment parce qu'ils requièrent une gestion cognitive importante et un apprentissage spécifique. Berninger (2008) insiste particulièrement sur le fait que l'ordinateur est un outil insuffisant : « Les personnes dyslexiques (...) ont besoin d'instructions écrites explicites et continues, et pas seulement de mesures d'adaptation » (p. 13).

Si des difficultés graphiques sont avérées, l'automatisation de l'écriture doit donc faire partie de nos objectifs de rééducation, avant même d'envisager la mise en place d'un ordinateur. L'automatisation des programmes moteurs permet en effet au faible scripteur de gagner en rapidité et en précision. Le scripteur peut alors libérer une partie des ressources de la mémoire de travail jusqu'ici dédiées d'une part au maintien des représentations graphomotrices et d'autre part au calcul de l'enchaînement des programmes moteurs. Les contraintes de la mémoire de travail font ainsi place aux ressources de la mémoire à long terme : la connaissance des programmes moteurs et les procédures de mise en œuvre de ces connaissances (Alamargot, 2007).

La maîtrise de l'écriture manuscrite est donc, d'après nos recherches, une fin puisqu'elle constitue un objectif thérapeutique. Mais l'écriture manuscrite peut-elle être un outil d'apprentissage ? Nous pouvons désormais étudier son rôle dans les apprentissages plus complexes que sont la lecture et l'orthographe, deux compétences déficitaires chez les patients dyslexiques-dysorthographiques.

III. Importance de la modalité d'écriture dans les apprentissages

L'*embodied cognition* est, en psychologie cognitive, la théorie selon laquelle la cognition serait ancrée dans le corps et se développerait en interaction avec le monde extérieur. Les représentations mentales des individus sont alors fondées sur leurs expériences sensori-motrices : la simple confrontation à un objet entraînerait ainsi une réactivation des expériences sensori-motrices passées avec cet objet ou d'objets similaires. Cette réactivation guiderait notre perception, nos comportements et nos connaissances sur l'objet (Versace et al., 2018, p.23).

À la lumière de ce paradigme, des auteurs émettent l'hypothèse que le remplacement de l'écriture manuscrite par l'écriture au clavier pourrait avoir des implications à plusieurs niveaux : celui des processus moteurs, du traitement perceptivo-moteur de base mais aussi des processus de plus « hauts niveaux », les processus cognitifs (Kiefer & Trumpp, 2012, cités par Mangen, 2015). La question selon laquelle l'engagement cognitif suscité par l'écriture et le clavier diffère est, par conséquent, souvent soulevée.

Nous verrons dans un premier temps l'importance de cet engagement cognitif dans le développement de la lecture, puis dans un second temps dans celui de l'orthographe, deux apprentissages qui posent problème aux personnes dyslexiques-dysorthographiques.

1 . Écriture et développement de la lecture

1.1 Lire et écrire : des zones cérébrales communes

Nous avons vu que la lecture était affectée chez les patients présentant une DLDO au niveau de la vitesse et de la précision. Si lire, c'est extraire du sens d'un code écrit, on peut tout à fait considérer qu'écrire serait le processus inverse dans la mesure où cette action consiste à transformer une information en une séquence de caractères écrits. Les processus de lecture et d'écriture sont étroitement liés, et l'imagerie médicale confirme des activations communes dans certaines zones du cortex, comme le système visuel et le système moteur.

En 2010, Dehaene et al. montrent que, quel que soit l'âge de l'acquisition de la lecture, l'alphabetisation améliore les réponses du cerveau de trois façons. Premièrement, elle stimule l'organisation du cortex visuel. Puis, elle favorise l'activation de presque tout l'hémisphère gauche (réseau linguistique oral) par simple stimuli verbal écrit. Elle affine, enfin, le

traitement du langage oral en améliorant le planum temporal (région phonologique) et en rendant un code orthographique disponible de manière descendante (p.8).

Les travaux de Roux et al. (2009) ont permis de réaliser une cartographie des zones impliquées dans le langage. L'électrostimulation a montré qu'une zone du gyrus frontal moyen, dans le cortex prémoteur gauche (BA6), était activée pendant l'activité d'écriture.

Cette zone, également appelée la zone frontale graphémique/motrice pourrait être le lien qui unit la représentation orthographique et les programmes moteurs spécifiques à l'écriture manuelle : on sait en effet que cette zone est également activée dans l'activité de lecture, dans l'activité d'écriture sur clavier informatique ou encore de l'écriture mentale. Cette région pourrait avoir un rôle central dans l'écriture mais aussi dans le traitement du langage.

L'activité de lecture active fortement le BA6 en particulier sa partie dorsale pré-motrice dite PMd. Cependant, on peut se demander si cette zone est en cause dans la reconnaissance des stimuli écrits ou si son activation résulte simplement d'une co-activation passive des réseaux de lecture et d'écriture.

Pattamadilok et al. (2016) ont donc voulu déterminer si l'activation de la zone BA6, en particulier la partie dorsale (PMd) était due à l'évocation implicite des processus moteurs d'écriture. Pour cela, les auteurs ont eu recours à la stimulation magnétique transcrânienne (SMT) chronométrique, en émettant deux impulsions qui perturbaient l'activité de la PMd, tandis que les participants (15 personnes au développement normal, de 25 ans en moyenne) effectuaient une tâche de décision lexicale. Des mots et des pseudo-mots leur étaient présentés en caractères imprimés et manuscrits ; les caractères manuscrits étaient supposés être étroitement associés aux représentations motrices des gestes de l'écriture.

Les résultats ont montré de manière significative que les caractères manuscrits conduisaient à des performances inférieures aux caractères imprimés dans cette tâche. Dans une autre étude, Nakatsuka et al. (2012) avaient repéré que la visualisation de caractères manuscrits était suffisante pour modifier l'excitabilité du cortex moteur primaire. Si dans l'expérience de Pattamadilok et al. (2016) les sujets ont mis plus de temps à déchiffrer les caractères manuscrits, cela pourrait être expliqué par le fait que ces caractères n'étaient pas rédigés par l'écriture propre du sujet, avec laquelle ils sont familiers. De plus, on note dans

l'analyse des résultats que le critère « type de caractère » (imprimé ou manuscrit) n'a pas de lien significatif avec la stimulation magnétique transcrânienne.

La stimulation magnétique transcrânienne sur la PMd, qui se déroulait entre 60 et 160 millisecondes après le début du stimulus (la présentation du mot), a augmenté les temps de réaction au pseudo-mot sans affecter la reconnaissance des mots et cela indépendamment de la qualité du caractère (manuscrit ou d'imprimerie). Ces résultats sont en faveur d'une activation de la PMd qui ne résulte pas simplement d'une association passive entre les réseaux de lecture et d'écriture, mais d'un rôle véritablement fonctionnel dans le processus de lecture.

Pattamadilok et al. (2016) ont enfin comparé la performance des sujets sur la lecture de mots et de pseudo-mots. On associe traditionnellement la lecture de mots à la voie d'assemblage, tandis que la lecture de pseudo-mots serait liée à la voie d'adressage. On suppose que la lecture de pseudo-mots ferait appel à des mécanismes similaires à ceux impliqués dans l'écriture puisque les deux s'appuient sur un mécanisme grapho-phonémique.

Lors de l'électrostimulation, le temps de reconnaissance est plus long pour les pseudo-mots que les vrais mots : il y a donc un effet de lexicalité assez courant dans la lecture (les mots sont mieux identifiés que les non-mots). Ici nous relevons surtout une interaction significative entre la stimulation magnétique transcrânienne et la lexicalité : la stimulation sur le Pmd a ralenti le temps de réponse pour les pseudo-mots mais pas la reconnaissance des mots. Ce résultat paraît donc favorable à un rôle fonctionnel de la PMd dans le processus de lecture, du moins à un temps précoce de reconnaissance du stimulus.

L'étude de Pattamadilok et al. (2016) a démontré que la relation entre la lecture et l'écriture va au-delà d'une simple co-activation entre les régions motrices et visuelles précédemment rapportées dans la littérature. Dans la tâche de décision lexicale utilisée ici, les résultats suggèrent que la contribution de la PMd à la lecture reflète les processus cognitifs partagés dans l'écriture et la lecture plutôt qu'une évocation des représentations motrices liées à l'écriture pendant la lecture.

Nous pouvons donc supposer qu'améliorer l'écriture d'un enfant peut améliorer ses compétences en lecture, et réciproquement. Mais la modalité d'écriture pourrait-elle avoir un impact sur cette amélioration ?

1.2 Effet de la modalité d'écriture sur la reconnaissance des lettres

L'étude de Longcamp et al. (2005) s'interroge sur les effets des changements moteurs qu'implique l'utilisation d'un clavier au lieu d'un stylo sur le développement lecture. Si les enfants apprennent à écrire avec un clavier avant de maîtriser l'écriture manuscrite, est-ce que cela modifie la façon dont ils perçoivent le langage écrit ? Les auteurs supposaient que les mouvements d'écriture contribuaient à la mémorisation des caractères présentés et donc à une meilleure reconnaissance des lettres.

Pour vérifier leur hypothèse, soixante-seize enfants tout-venant, très jeunes (entre 3 et 5 ans) qui n'avaient ni appris à lire ni à écrire ont été sélectionnés. Il leur a alors été proposé deux méthodes d'apprentissage précoce des lettres : l'une s'appuyait sur l'écriture manuscrite et l'autre sur la dactylographie. Les performances des enfants en reconnaissance de lettres ont ensuite été comparées entre les deux groupes. L'analyse des résultats prend en compte les différences d'âge, importantes, entre les enfants. Ces derniers n'ont en effet pas le même stade de développement cognitif et moteur, déterminants dans l'acquisition des apprentissages.

Alors que des études similaires (Vaughn et al., 1992) avaient choisi de vérifier le gain mnésique que pouvait apporter l'écriture manuscrite par rapport au clavier sur des intervalles de rétention assez courts, c'est-à-dire le plus souvent en rappel immédiat, Longcamp et al. (2005) ont réalisé trois tests de reconnaissance des lettres.

Le premier en phase de pré-test (T0) précédait l'apprentissage, le deuxième était effectué juste après la phase d'apprentissage (T1) et le troisième une semaine plus tard (T2). Les auteurs ont ainsi pu vérifier le bénéfice sur le long terme d'une technique d'apprentissage par rapport à une autre.

Le test consistait à reconnaître dans une histoire douze lettres majuscules sur un écran d'ordinateur présentant quatre items, dont trois distracteurs : l'image miroir de la lettre-cible, la lettre-cible transformée, et l'image miroir de la lettre-cible transformée. Les douze lettres étaient incluses dans quatre mots.

Les histoires contenant ces mots ont été lues aux enfants par les enseignants pendant quelques semaines avant la période d'apprentissage. Les quatre mots étaient : LAPIN, JOB (le prénom d'un lapin), CERF et ZADIG (le prénom d'un cerf).

L'apprentissage durait trente minutes une fois par semaine pendant trois semaines. Les soixante-seize enfants ont été répartis par groupes de quatre, avec deux expérimentateurs, dans un environnement calme.

L'apprentissage par le clavier consistait à présenter sur un écran le mot écrit en majuscule à l'enfant, qui devait trouver les lettres appropriées sur le clavier et les taper sur un clavier adapté : seules les quinze lettres de l'étude y étaient présentes. Les quatre mots étaient ensuite copiés deux fois à chaque session, de sorte que les trente-huit participants d'un groupe tapaient chaque lettre deux fois par session.

Dans l'apprentissage par l'écriture manuscrite, on présentait le mot sur du papier en veillant à ce qu'il fasse la même taille que dans l'autre condition. Les enfants devaient copier les lettres du mot sous le modèle à l'aide d'un feutre. Une fois la copie effectuée, l'expérimentateur remplaçait la feuille de travail par une autre présentant le prochain mot modèle. Chaque lettre était copiée deux fois à chaque session.

Les résultats de l'étude indiquent que chez les enfants les plus âgés (ceux qui ont atteint un développement cognitif et moteur plus important), l'apprentissage de l'écriture manuscrite conduit à une meilleure reconnaissance des lettres que l'apprentissage de la dactylographie. Les auteurs soulignent, par ailleurs, que l'enseignement des lettres était implicite et que le temps qui y a été consacré était court (seulement 1,5 heures au total). Or, nous savons que les performances motrices évoluent lentement, ce qui nécessite de la répétition et de l'entraînement.

Kiefer et al. (2015) ont reproduit cette expérience en proposant deux entraînements à des enfants de 4 à 6 ans, l'un impliquant le papier-crayon et l'autre le clavier. Les enfants utilisant le crayon ont eu de meilleurs résultats en lecture de mots, toutefois les performances des enfants variaient trop (allant d'aucune réponse correcte à toutes les réponses correctes) pour retenir cela comme un effet réel.

L'étude est tout de même intéressante dans notre recherche dans la mesure où aucun enfant bénéficiant de la formation à la frappe au clavier n'obtenait de meilleur score dans les différentes tâches : reconnaissance de lettre, lecture de mots et même écriture de lettres ou de mots.

Ces deux études montrent que l'apprentissage de l'écriture manuscrite semble favoriser la reconnaissance des lettres et, a fortiori, l'apprentissage de la lecture.

1.3 Perspectives thérapeutiques pour le déficit de lecture

Les difficultés de lecture des patients dyslexiques-dysorthographiques sont évaluées à l'aide de bilans standardisés. Une fois que nous avons objectivé le niveau de lecture en vitesse et précision, nous obtenons l'âge de lecture du patient, qui diffère de leur âge de développement en cas de TSAp. C'est à partir de cet âge de lecture que nous pouvons axer la rééducation selon différents objectifs.

Si le patient ne maîtrise pas le système de correspondance grapho-phonémique (CGP), base de la lecture, nous devons dans un premier temps axer notre rééducation sur l'automatisation de la lecture des CGP en respectant un ordre de progression lié à l'âge développemental du patient. Pour cela les orthophonistes s'appuient d'abord sur la syllabe puis des mots de plus en plus longs. Quand le patient est capable de réaliser un décodage performant, il accède rapidement à la forme phonologique des mots (Ziegler et al., 2014).

Mais la phase de « décodage » doit laisser place à une méthode plus efficace comme nous l'avons vu précédemment, en passant par la voie lexicale ou orthographique. Nous devons donc, dans un second temps, offrir au patient un lexique orthographique de base (Grainger et al., 2016), en lui présentant des mots pertinents pour lui. Ces mots sont choisis en fonction de son âge de lecture, mais aussi en fonction de ses demandes et de ses centres d'intérêts. Il est alors essentiel de porter l'attention sur ce mot en expliquant son étymologie, et en multipliant les contextes dans lesquels on peut le trouver (Dehaene, 2011, pp. 93-95).

C'est ici que l'écriture manuscrite pourrait jouer un rôle indirect mais néanmoins important dans la lecture. En faisant copier un mot à un patient, en lui dictant ce mot ou en lui demandant de nous l'épeler nous favorisons son encodage dans la mémoire à long terme, c'est-à-dire dans le lexique orthographique du patient, qui permet à son tour la consolidation de la lecture.

L'écriture manuscrite paraît ainsi être un outil intéressant dans la rééducation des troubles de la lecture chez les patients, même si la pratique de la lecture de manière régulière (avec des textes de longueur croissante) reste essentielle pour favoriser l'automatisation de la lecture (Meyer & Felton, 1999).

L'écriture manuscrite peut-elle jouer un rôle dans l'apprentissage de l'orthographe, qui pose particulièrement problème aux patients dyslexiques-dysorthographiques ?

2. Écriture et développement de l'orthographe

La rééducation orthophonique s'appuie sur la recherche concernant le développement et l'apprentissage de l'orthographe. Les études disponibles dans la littérature abordant l'écriture en tant qu'outil d'apprentissage pour l'orthographe remontent au début des années 1980.

Ehri & Wilce (1980) ont d'abord prouvé que l'écriture de mots nouveaux entraînait un meilleur apprentissage de leur orthographe que leur seul déchiffrement. Hulme et Bradley (Bradley, 1981 ; Hulme & Bradley, 1984) ont montré que la « méthode de l'orthographe orale simultanée » était très efficace. Il s'agit d'écrire et de prononcer un mot à des enfants, qui doivent épeler chaque lettre du mot tout en écrivant le mot, puis répéter le mot entier à nouveau. La réussite de cette méthode multimodale soulève plusieurs questions sur les conditions d'apprentissage de l'orthographe.

Nous nous sommes d'abord demandé si l'apprentissage de l'orthographe était meilleur quand on épelait un mot ou quand on l'écrivait. Puis, dans quel mesure le geste graphique qu'on trouve dans l'acte de copie pouvait permettre de mémoriser une information visuelle. Notre dernière question portait sur la différence de modalité dans l'acte de copie : l'usage d'un clavier ou d'un stylo a-t-il des conséquences sur l'effet d'apprentissage de la copie ?

2.1 L'acte d'épeler favorise-t-il plus l'apprentissage de l'orthographe que l'acte d'écrire ?

D'après l'étude de Shahar-Yames & Share (2008), le fait d'épeler un mot en plus de le lire favorise l'apprentissage de son orthographe.

Bosse, Chaves, et Valdois (2014) ont voulu vérifier si l'acte d'écrire favorisait encore plus l'apprentissage du lexique orthographique que le fait d'épeler. Si oui, il s'agissait de comprendre si le bénéfice de l'écriture manuscrite reposait sur un traitement plus exhaustif, lettre par lettre (avec un rôle essentiel de la mémoire de travail) ou si c'était l'addition de l'information motrice-kinesthésique qui favorisait la représentation mentale du mot en mémoire.

Bosse, Chaves, et Valdois (2014) ont effectué trois expériences différentes pour répondre à cette question.

2.1.1 Première expérience : production orthographique et reconnaissance de pseudo-mots

Durant la première expérience, les auteurs ont demandé à un premier groupe d'enfants français (âgés de 10 ans et demi en moyenne) de lire deux phrases courtes à voix haute. Un examinateur prononçait ensuite les pseudo-mots présents dans le texte.

Dans une première tâche, les participants devaient les rappeler immédiatement en les écrivant deux fois. Le deuxième groupe, en revanche, a dû rappeler ces pseudo-mots en les épelant oralement après avoir lu deux fois les deux phrases. Une semaine après ce test, il a été demandé aux enfants d'écrire les pseudo-mots, dictés par un examinateur.

Les participants ayant bénéficié de l'apprentissage via l'écriture manuscrite ont obtenu de meilleurs scores pour la production de l'orthographe ($m = 45$) que ceux qui ont reçu un apprentissage par épellation ($m = 21.7$).

Dans une seconde tâche, les auteurs ont demandé aux enfants d'entourer le pseudo-mot correct parmi quatre homophones. Là encore, le premier groupe avait écrit manuellement les pseudo-mots tandis que le deuxième groupe les avait épelés. Ici, la reconnaissance des mots n'était pas meilleure avec l'écriture manuscrite.

Cette expérience montre que l'écriture manuscrite ne favorise donc pas forcément la reconnaissance et donc la lecture de pseudo-mots. En revanche, l'écriture manuelle est plus efficace que le fait d'épeler à haute voix pour mémoriser l'orthographe en vue de la production.

2.1.2 Des résultats conformes à un effet de similitude ?

Les auteurs ont voulu vérifier si l'avantage significatif de l'apprentissage de l'écriture manuscrite de la première expérience pouvait s'expliquer par un effet de similitude avec la condition post-test, c'est-à-dire la dictée de pseudo-mots (une tâche d'écriture).

Une deuxième expérience a donc été menée où la tâche de post-test consistait à épeler le pseudo-mot. Les résultats de cette expérience indiquent que l'orthographe des pseudo-mots a été mieux apprise dans la condition « épeler » que dans la condition « écrire ».

Dans les deux expériences, la performance dans la tâche de production orthographique post-test (écriture sur dictée vs épeler à haute voix sur dictée) était plus élevée pour les items

appris dans des conditions similaires que pour les items appris dans des conditions dissemblables.

Bosse, Chaves, et Valdois (2014) ont donc démontré que l'apprentissage par l'écriture manuscrite permettait aux enfants d'engrammer la bonne orthographe, comparé à un apprentissage par épellation orale. Il s'avère également que l'écriture manuscrite ne permet aucun bénéfice pour les tâches d'épellation orale ou de reconnaissance écrite de pseudo-mots. Nous en avons conclu qu'il semble plus utile pour les enfants d'écrire des mots qu'ils doivent par la suite produire à l'écrit.

Dans leur conclusion, les auteurs ont émis l'hypothèse que l'information motrice et kinesthésique apportée par l'écriture manuscrite favorisait l'apprentissage de l'orthographe du pseudo-mot. Cela nous a conduit à nous interroger sur le lien entre l'écriture manuscrite en tant que processus moteur et la mémoire, c'est-à-dire l'encodage puis le stockage d'une information.

Les études que nous avons collectées évoquent principalement l'acte de copie en tant que moyen de mémorisation et d'apprentissage.

2.2 L'acte de copie, un puissant outil pédagogique

Deux éléments du processus d'écriture pourraient expliquer « l'effet facilitateur » (Naka, 1998, p.804) de l'écriture répétée, ou copie, dans les apprentissages :

- Utiliser un ordre dans la production de traits, c'est-à-dire dans une séquence mais aussi une directionnalité dans le tracé.
- Le processus même de copie, dans lequel nous allons dans un premier temps prêter une attention importante à l'élément écrit, ce qui génère le maintien de l'image, puis dans un second temps exécuter un programme moteur pour reproduire l'image, pour enfin recevoir un retour visuel de l'élément écrit.

Dans les langues logographiques comme le chinois, la répétition de l'écriture manuscrite est une méthode courante pour apprendre l'ensemble des caractères de la langue. Garder l'image du graphème dans le buffer épisodique (Baddeley, 2000) durant l'acte d'écriture serait essentiel.

Le chercheur japonais Naka (1998) a supposé que la répétition de l'écriture pouvait faciliter la mémorisation de caractères d'une langue étrangère et de logographes. Il a vérifié

son hypothèse dans une tâche de rappel libre chez des enfants japonais de 6, 8 et 10 ans à travers quatre expériences différentes.

2.2.1 Première expérience : copier ou lire des caractères chinois

La première expérience avait pour but de vérifier chez des enfants japonais si la copie de l'item facilitait davantage l'encodage des caractères chinois que la simple fixation du caractère, lorsque ce dernier est entouré pour fixer l'attention. Une tâche de rappel libre (écrire le plus de caractères appris possible) a été effectuée après une tâche de calcul intermédiaire d'une minute.

D'après les résultats de cette première expérience, les enfants qui ont appris les items en les écrivant les ont mieux mémorisés que les enfants qui les ont entourés. Puis, l'auteur a voulu vérifier si cet effet dépendait de la production dans un ordre précis et conventionnel des traits.

2.2.2 Deuxième expérience : copie dans trois différentes modalités de caractères chinois

Dans une deuxième expérience Naka a donc demandé aux participants d'apprendre les items en recopiant les caractères chinois selon trois consignes : (1) avec l'ordre conventionnel de l'écriture chinoise ; (2) dans l'ordre inverse de l'écriture chinoise ; (3) dans un ordre aléatoire. Comme dans la première expérience, une tâche de calcul intermédiaire a précédé le rappel libre.

Les résultats n'ont cependant pas relevé d'effet significatif.

2.2.3 Troisième expérience : copie avec ou sans feed-back de caractères chinois

Le but de la troisième expérience était de vérifier si l'apprentissage par copie dépendait de l'acte d'écriture lui-même. Les résultats de la première expérience (dans la modalité de copie) ont donc été comparés avec ceux d'une expérience similaire. Cette dernière imposait aux participants une modalité d'écriture plus spécifique : apprendre le caractère chinois en le décalquant ou en le copiant sans feed-back, c'est-à-dire avec un stylo à l'envers pour ne laisser aucune trace sur la feuille.

Les résultats de la première expérience en modalité de copie sont bien supérieurs aux résultats dans les modalités de calque et de copie sans trace.

Ces résultats suggèrent donc que c'est bien l'acte d'écrire (copie) qui favorise l'encodage et le stockage de l'information, mais que l'acte moteur est insuffisant et doit être complété par l'attention portée sur une image.

2.2.4 Quatrième expérience : copie avec ou sans feed-back de lettres arabes

La quatrième et dernière expérience a reproduit la troisième expérience à partir de lettres arabes qui n'étaient pas familières aux enfants japonais, notamment dans la connaissance de l'ordre conventionnel du tracé par rapport aux caractères chinois ou japonais.

Les résultats sont également meilleurs dans l'acte d'écriture le plus complexe, la copie.

2.2.5 Apports et limites de l'étude de Naka pour notre recherche

Naka (1998) a montré dans la première expérience que la copie favorise l'apprentissage des items graphiques, qui sont mieux rappelés par les enfants qui les écrivent que ceux les regardent seulement : c'est « l'effet de l'écriture répétée. »

En empêchant les enfants d'utiliser l'acte de copie réel dans la troisième expérience, en demandant aux participants de décalquer ou d'écrire sans laisser de trace, il a par ailleurs montré que cet effet diminuait : l'acte moteur semble donc insuffisant pour favoriser à lui seul le rappel en mémoire.

Par ailleurs, agir sur l'ordre du tracé n'aurait pas d'effet significatif (expérience 2) et cela indépendamment de la connaissance de l'utilisation d'un ordre précis dans le tracé des traits (expérience 4).

Les différentes expériences de Naka (1998) montrent que l'acte de copie constitue un puissant outil pédagogique dans l'apprentissage. Le geste manuel qu'implique l'écriture manuscrite est plus efficace que la lecture d'un item, toutefois il est beaucoup moins efficace sans feed-back. Hormis le fait que les participants ne présentaient pas de trouble spécifique des apprentissages, nous avons relevé deux limites à cette étude en ce qui concerne les apports dans notre recherche.

Premièrement, il est important de noter que ces expériences de rappel libre se sont effectuées dans un temps limité : en effet, les caractères n'étaient exposés que quelques secondes et la tâche demandée était presque immédiate. Même si les participants ont dû faire

appel à leur mémoire à long terme (puisque le rappel s'effectue après une minute) nous devons avoir en tête que nos objectifs de rééducation diffèrent des objectifs de l'auteur. Notre travail vise à permettre au patient dyslexique-dysorthographique de développer des compétences en lecture ainsi que ses connaissances en orthographe qu'il pourra mobiliser à long terme. Or, dans cette étude, il n'a pas été demandé aux participants de produire des caractères chinois ou arabes plusieurs jours ou plusieurs semaines après leur apprentissage.

Deuxièmement, l'étude porte sur des caractères étrangers, arabes et chinois. Les enfants qui ont participé à l'étude découvraient ces langues, il ne s'agissait pas de développer la lecture et encore moins l'orthographe des participants en arabe et en chinois.

Ici, on peut donc seulement conclure que l'écriture manuscrite favorise l'apprentissage des graphies, notamment dans l'acte de copie.

Peut-on en dire autant pour la copie au clavier ?

2.3 Écriture manuscrite contre frappe au clavier : quel effet sur la mémoire verbale ?

Les travaux décrits précédemment indiquent que l'écriture manuscrite favorise l'encodage de l'information verbale comparativement à son épellation ou la lecture seule.

La question qui se pose alors est de savoir si la nature de l'outil scripteur a un impact sur ce bénéfice. Nous avons sélectionné trois différentes études pour répondre à cette question.

2.3.1 Expérience de Cunningham & Stanovich (1990)

Nous avons parcouru une première étude de Cunningham & Stanovich (1990). Ces derniers ont reproduit la « méthode de l'orthographe orale simultanée » de Hulme & Bradley (1984) en entraînant vingt-quatre enfants américains de 7 ans, trente minutes par jour pendant cinq jours.

Un adulte présentait un mot à l'enfant, le lisait à haute voix et demandait à l'enfant de le répéter. Puis, l'examineur demandait à l'enfant de reproduire le mot dans une des trois conditions motrices suivantes : écriture manuscrite, dactylographie et enfin par la manipulation de lettres sur des tuiles. L'expérience comportait trente mots fréquents (*eat, small, car ...*)

Après quatre jours consécutifs d'entraînement, l'orthographe des participants a été évaluée lors d'une tâche de dictée de ces trente mots.

D'après les résultats de cette étude, le fait d'écrire manuellement permet d'obtenir de meilleures performances en matière d'orthographe que d'utiliser un clavier d'ordinateur ou de manipuler des tuiles de lettres pour les épeler, quel que soit le test d'évaluation orthographique. La moyenne des mots correctement écrits étaient de 3,13 pour l'écriture manuscrite, 1,75 pour le clavier et 1,50 pour la manipulation de tuiles.

Toutefois, les auteurs ont souligné que ces résultats étaient à nuancer et que les effets observés peuvent aussi être liés à d'autres facteurs tels que la maîtrise de l'outil informatique, la motivation, etc. Il nous a paru donc pertinent de sélectionner une étude similaire qui avait recruté des participants plus âgés et qui avaient l'habitude d'utiliser un ordinateur.

2.3.2 Expérience de Smoker, Murphy & Rockwell (2009)

Dans une étude plus récente, Smoker, Murphy & Rockwell (2009) ont comparé les effets de l'écriture manuscrite et dactylographique sur la mémorisation des mots (mémoire verbale épisodique). Le but de l'étude était de savoir si écrire en tapant sur les touches d'un clavier plutôt qu'à la main avait une incidence sur la mémorisation des mots. Ces auteurs ont mené leur étude auprès de soixante-et-un étudiants américains, âgés de 19 ans en moyenne. Smoker, Murphy & Rockwell (2009) ont en outre pris le soin de sélectionner des participants qui utilisaient très souvent l'ordinateur.

Le matériel expérimental était constitué d'une liste de mots extraits des tests de vocabulaire et de compréhension écrite du FCAT (Florida Department of Education, 2007).

Dans la condition « écriture manuscrite », les mots présentés étaient imprimés sur le côté gauche d'une feuille. Les participants devaient les recopier un par un sur le côté droit.

Dans la condition « dactylographie », les mots étaient présentés sur le côté gauche d'un écran d'ordinateur. Les participants tapaient les mots, avec un programme de traitement de texte, sur le côté droit de l'écran. Ils réalisaient ensuite un exercice de mathématique, dans un temps qui n'était pas limité. Une fois cette tâche distractive achevée, les étudiants devaient effectuer un rappel libre des mots présentés, sans avoir été avertis lors de l'apprentissage qu'ils seraient évalués sur leur mémorisation des mots. Les participants avaient cinq minutes pour se souvenir du plus grand nombre de mots présentés en les écrivant sur une feuille. Puis,

ils effectuaient une tâche de reconnaissance limitée à cinq minutes dans laquelle les mots vus précédemment vus étaient mélangés à de nouveaux mots.

Dans la tâche de rappel libre comme dans la tâche de reconnaissance, les participants obtiennent des scores meilleurs lorsqu'ils prennent le temps d'écrire les mots que lorsqu'ils sont dactylographiés. Sur 36 mots, on note en moyenne 5,07 mots correctement rappelés quand ils sont écrits contre 4,10 quand ils sont tapés. Sur 36 mots, 11,17 mots ont été correctement reconnus quand ils étaient écrits contre 10,19 quand ils étaient tapés.

Si l'étude de Smoker, Murphy & Rockwell (2009) ne comportaient pas d'évaluation sur l'orthographe des mots, qui étaient rappelés oralement, elle montre en revanche que la modalité d'écriture joue sur la mémorisation des mots.

2.3.3 Expérience de Mangen et al. (2015)

Mangen et al. (2015) ont reproduit l'expérience de Smoker et al. (2009) et ont également comparé l'effet de la modalité d'écriture (dactylographique ou manuscrite) sur la mémoire verbale épisodique. De plus, les auteurs ont comparé l'écriture avec un clavier classique (touches) et avec un clavier tactile, outil de plus en plus utilisé depuis l'apparition de la tablette.

Trente-six femmes âgées de 25 ans en moyenne devaient écrire les mots qui leur étaient dictés (vingt-huit mots sémantiquement associés). Trois modalités de l'écriture étaient comparées : manuscrite, dactylographique sur clavier, dactylographique sur écran tactile. Une liste de mots différente était proposée dans chaque condition. Les participantes étaient prévenues qu'une tâche de rappel libre suivrait la dictée. Elles devaient rappeler à voix haute le plus de mots présentés, sans limite temporelle.

Un test de reconnaissance était proposé après le rappel. Les participantes devaient reconnaître les mots qu'elles avaient écrits parmi une liste composée des mots cibles et de mots nouveaux non présentés dans la phase d'étude (vingt-huit mots dans chaque type de mot).

Les auteurs ont relevé un effet significatif de la modalité d'écriture dans la tâche de rappel libre. Il s'avère que les performances de rappels corrects des mots écrits à la main sont plus élevées que pour les autres modalités (médiane de quinze mots en écriture manuscrite mots contre une médiane de treize mots au clavier et douze mots au clavier tactile).

Par ailleurs, on note que les performances de rappel libre pour la modalité « tactile » étaient positivement corrélées avec le nombre d'années d'expérience avec les écrans tactiles.

Enfin aucune corrélation n'a été observée entre les performances au rappel libre et la vitesse d'écriture au clavier ou encore l'âge lors du premier apprentissage l'écriture au clavier.

Dans cette étude, le temps écoulé entre la tâche d'écriture des mots et le test de rappel n'est pas précisé, de fait nous pouvons supposer qu'il s'agissait d'un rappel immédiat.

Cette étude montre également que l'écriture manuscrite favorise la mémoire verbale par rapport à l'écriture sur clavier, qu'il soit tactile ou non.

3 . Conclusion

L'ensemble des études que nous avons parcourues indique que l'écriture manuscrite favorise à la fois le développement de la lecture et celui de l'orthographe.

On peut ici faire un parallèle avec la théorie de L'ERA (*enactment effect*, l'effet de réalisation de l'action) qui stipule depuis le début des années 1980 que le rappel d'une phrase d'action («marcher », « prendre le train »... etc.) est meilleur lorsque, pendant la phase d'encodage, celle-ci est réalisée que lorsque la phrase est uniquement lue (Engelkamp & Zimmer, 1984).

La mémorisation de phrases et l'acquisition de nouveaux mots est par exemple améliorée chez les enfants quand elle est accompagnée d'un geste en lien avec le sens de la phrase (mettre la main près de la bouche pour le verbe « manger »).

Engelkamp & Zimmer (1984) ont souligné le rôle du mouvement dans l'ERA : grâce aux différentes modalités (verbale, visuelle, motrice, tactiles...) lors de l'encodage, un accès implicite à la composante motrice de la tâche réalisée favoriserait le déclenchement de la récupération, explicite, de la composante verbale.

Il convient toutefois de nuancer cette conclusion. Dans les tâches de reconnaissance, qui reposent sur la mémoire sémantique, l'apprentissage semble en effet plus efficace lorsque une lettre, une graphie ou un mot est présenté visuellement puis encodé à l'aide d'une activité grapho-motrice, l'écriture manuscrite. On pourrait en déduire que l'écriture manuscrite favorise la lecture et que l'écriture au clavier la fragilise.

Mais la lecture est bien plus que l'identification de lettres (Longcamp, 2005), de graphies étrangères (Naka, 1998), ou encore de mots Mangen et al. (2015). Elle fait appel à des connaissances syntaxiques, sémantiques, orthographiques, culturelles...

Comme l'indique Jean-Luc Velay (Ludoviamagazine, 2016) nous ne pouvons dire, à ce jour, que l'informatique constitue un danger pour les apprentissages. Nous pouvons toutefois avoir en tête que le geste graphique utilisé par l'enfant n'est pas anodin dans sa représentation de l'écrit. L'identification constitue bel et bien la base primordiale de la lecture, il faut donc y être attentif, surtout pour les enfants qui commencent l'apprentissage de la lecture et de l'écriture.

Pour l'orthographe, les études que nous avons parcourues indiquent également un avantage de l'écriture manuscrite mais cet avantage est aussi à nuancer.

Les études que nous avons sélectionnées ont évalué des participants dans une tâche de rappel libre qui fait appel à la mémoire épisodique. Le rappel libre est meilleur lorsque l'apprentissage est associé à une tâche d'écriture manuscrite (Mangen et al., 2015).

Toutefois, aucun élément n'indique que la mémorisation des mots soit pérenne puisque la tâche de rappel était immédiate. Le geste graphique semble effectivement favoriser l'encodage d'une information verbale, mais nous aurions souhaité analyser les effets de cette modalité sur la mémoire à long terme. En outre, l'étude de Cunningham & Stanovich (1990), qui confirme également l'avantage de l'écriture manuscrite sur l'écriture dactylographique dans les tâches de production écrite qui évaluent l'orthographe, n'a pas non plus pris en compte cet élément car l'orthographe est évaluée le lendemain de l'entraînement.

Nous retenons, enfin, que le temps consacré à l'utilisation d'une modalité d'écriture joue certainement sur sa maîtrise, comme le montre par exemple l'étude de Mangen et al. (2015) avec la tablette numérique et son écran tactile.

Nous avons obtenus des éléments de réponse sur le lien entre les modalités d'écriture et les apprentissages. Notre but est, désormais, d'explorer de manière plus précise les liens entre l'écriture manuscrite et le développement de l'orthographe.

En quoi l'écriture manuscrite peut-elle constituer un outil de rééducation des déficits en orthographe ?

IV. L'écriture manuscrite, outil au sein de l'enseignement explicite de l'orthographe

Si à l'instar de Fayol (2017), nous considérons le graphisme et l'orthographe comme imbriqués, il devrait être possible de mettre en évidence les effets de ces deux composantes sur l'apprentissage de l'orthographe, et notamment de l'orthographe lexicale. Dans cette dernière partie, nous allons présenter des études qui s'intéressent au développement de l'orthographe en intégrant l'écriture manuscrite dans leur protocole d'apprentissage.

Tout d'abord, on peut se demander si, en améliorant seulement le graphisme d'un enfant, son orthographe pourra s'améliorer. Un entraînement graphomoteur seul sera-t-il plus bénéfique qu'un enseignement de l'orthographe ?

Il convient par la suite de savoir si, en combinant des entraînements graphomoteur et orthographique, nous pouvons attendre des résultats supérieurs à ces mêmes entraînements quand ils sont isolés.

Puis, nous nous intéresserons au rôle de l'écriture manuscrite dans le renforcement de l'orthographe lexicale. Nous reviendrons à l'acte de copie comme outil pédagogique, notamment quand il fait partie d'un protocole d'analyse de mots. Enfin, nous décrirons un protocole de rééducation orthophonique de la dyslexie-dysorthographie qui s'appuie en partie sur le geste graphique.

1. Effets des entraînements graphomoteurs sur l'orthographe.

Nous n'avons trouvé qu'une étude qui analysait les effets d'un entraînement graphomoteur sur l'orthographe. Lavoie et al. (2019) ont créé un programme d'enseignement de l'écriture de l'alphabet, « En mouvement, j'écris ». Ce programme consistait à travailler plusieurs aspects du geste d'écriture : la forme de la lettre, la vitesse du geste. Le geste était modélisé par l'enseignant. Les expérimentateurs ont proposé aux participants une exploration multisensorielle des lettres (présentation visuelle, tracer la lettre dans le sable, l'écrire de façon plus ou moins grande...) avec des stratégies d'auto-évaluation (comparer la qualité de la lettre produite, évaluer les efforts nécessaires...).

Cette étude a été menée auprès de quatre-vingts élèves canadiens (francophones) âgés en moyenne de 6 ans. Ils étaient aléatoirement répartis dans un groupe expérimental (n = 40) et un groupe contrôle (n = 40) . Ce dernier bénéficiait d'un enseignement « classique » et implicite : l'article donne malheureusement peu de détails sur cet enseignement.

Les chercheurs ont évalué les compétences des enfants en matière d'écriture et d'orthographe avant et après l'intervention qui durait huit semaines, à raison de deux à trois séances par semaine. Ils ont pour cela utilisé deux subtests du Wechsler Individual Achievement Test, deuxième édition (WIAT-II, french-canadien version, Wechsler 2005).

La première tâche consistait à produire des lettres isolées en quinze secondes, tandis que la seconde tâche était une dictée de lettres, de sons et de mots.

Les résultats ont montré que le groupe expérimental a obtenu des résultats significativement plus élevés dans les habilités graphomotrices : leur moyenne est passée de 1,45 à 3,40 tandis que celle du groupe contrôle est passée de 1,40 à 2,57. Un entraînement graphomoteur complet et intense va donc permettre à un enfant d'améliorer son écriture.

Les résultats à la tâche de dictée montrent que le groupe expérimental a également le plus bénéficié du programme graphomoteur en orthographe par rapport au groupe contrôle.

Le groupe expérimental est en effet passé d'une moyenne de 6,90 à une moyenne de 13,02 en orthographe, alors que le groupe contrôle est passé d'une moyenne de 6,13 à une moyenne de 11,00.

Cette étude confirme donc qu'en améliorant l'automatisation de l'écriture, on peut directement améliorer le graphisme en terme de vitesse et précision, mais également améliorer, indirectement, l'orthographe. On note enfin le bénéfice de cette intervention quand elle intervient tôt (dès 6 ans) et surtout de manière intensive (deux à trois séances par semaine pendant huit semaines).

Quels effets peut-on attendre d'un programme qui combine un entraînement graphomoteur à un entraînement orthographique ?

2. Combiner les entraînements graphomoteurs aux entraînements orthographiques

2.1 Enfants au développement normal

Lichtsteiner, Wicki, et Falmann (2018) ont mené une étude auprès de cent soixante-quinze enfants suisses germanophones, âgés de 8 ans en moyenne, répartis dans quatre groupes.

Le premier groupe suivait un entraînement graphomoteur, le deuxième groupe une entraînement orthographique, le troisième groupe un entraînement graphomoteur et orthographique. Un quatrième groupe contrôle bénéficiait, enfin, d'un entraînement à la lecture. Tous les entraînements ont duré cinq semaines.

L'âge des participants rend l'étude intéressante dans la mesure où ces enfants se situent dans le stade calligraphique, et que le geste graphique n'est pas débutant mais pas totalement maîtrisé non plus.

Nous pouvons voir un effet positif des deux entraînements comprenant la graphomotricité (premier et troisième groupe) sur la fluence de l'écriture en post-test. Une analyse fine des productions écrites montre que de bonnes compétences en transcription facilitent la composition, surtout chez les plus jeunes enfants. Chez ces derniers en effet, l'écriture n'est pas encore automatisée et nécessite d'importantes ressources en mémoire de travail.

L'étude n'a montré aucune différence de résultats entre les quatre groupes pour les effets sur l'orthographe ou la qualité du texte. Cette conclusion est donc contradictoire avec celle de Lavoie et al. (2019) que nous venons de citer précédemment. Les auteurs mettent néanmoins en avant le fait que, lorsqu'un enfant ne présente pas de difficulté particulière et que son geste est déjà automatisé, il devient moins sensible à l'effet de l'écriture manuscrite sur ses compétences en langage écrit. Lavoie et al. (2019) avaient en effet recruté des participants très jeunes (6 ans) qui n'étaient pas au même stade d'automatisation graphique.

Nous avons donc orienté notre recherche sur une autre étude qui avait recruté des enfants avec des difficultés en langage écrit, notamment en orthographe.

2.2 Enfants au faible niveau d'orthographe

Graham et al. (2018) ont étudié les effets d'un entraînement combinant un travail orthographique et un travail graphomoteur auprès d'un groupe d'enfants de 6 ans et demi en moyenne. Un second groupe bénéficiait d'un entraînement portant sur la conscience phonologique, ce groupe constituait la condition contrôle. Les enfants ne présentaient pas de trouble spécifique des apprentissages mais leur niveau en orthographe était faible d'après leurs scores au Wechsler Individual Achievement Test (WIAT; Wechsler, 2009).

Avant le début de l'entraînement et immédiatement à la fin, les élèves ont reçu des tests pour mesurer leur maîtrise de l'écriture, la lisibilité de l'écriture, la précision de l'orthographe, la maîtrise de la rédaction de la phrase, la longueur de la composition, le vocabulaire ainsi que sa qualité.

Le programme expérimental consistait à produire certaines lettres d'après le modèle de l'enseignant, effectuer la copie de ces lettres et produire des mots qui les contenaient. L'expérimentateur a favorisé l'auto-évaluation de l'enfant grâce à des échanges sur le tracé de la lettre.

Pour développer les connaissances orthographiques, l'entraînement se concentrait sur les correspondances grapho-phonémiques, des stratégies sur le début du mot (attaque), la forme orthographique du mot... Tous les membres du groupe expérimental ont reçu un enseignement individuel de seize heures afin d'améliorer la fluidité de l'écriture, sa lisibilité, la précision de l'orthographe et la connaissance des schémas orthographiques.

Comparé au groupe contrôle, qui s'entraînait à la conscience phonologique (jeux sonores, identifier les phonèmes, les rimes..), le groupe expérimental a réalisé des gains plus importants en termes de fluidité et de lisibilité de l'écriture, mais aussi en précision de l'orthographe.

Si on observe les résultats avant et après les tests de performance en orthographe, le groupe expérimental a en effet réalisé des gains statistiquement plus importants ($m = 13,60$) que les élèves du groupe témoin dans la condition de contrôle de la conscience phonologique ($m = 8,93$). En outre, le groupe expérimental a appris l'orthographe de plus de mots courants ($m = 23,40$) que le groupe contrôle ($m = 14,07$).

Les gains étaient également plus importants dans la fluidité de la construction des phrases et le vocabulaire de composition. En revanche, cet entraînement n'a pas eu d'effet significatif sur la longueur ou la qualité de la composition.

Cette étude démontre que la combinaison d'un enseignement explicite de l'écriture et de l'orthographe peut améliorer le graphisme ainsi que l'orthographe chez les jeunes enfants qui acquièrent des compétences de transcription de texte plus lentement que leurs pairs.

Nous avons voulu vérifier cette conclusion dans une étude similaire, qui avait recruté des participants avec TSAp.

2.3 Enfants avec troubles spécifiques des apprentissages

Dans l'étude de Berninger et al. (2015), trente-cinq élèves (10-14 ans) qui présentaient des troubles spécifiques des apprentissages ont bénéficié d'un entraînement graphomoteur et orthographique très complet. Il comprenait des exercices pour améliorer le tracé de l'écriture manuscrite (observation d'un modèle dynamique, entraînement au geste, copie et écriture de mémoire de la lettre...) et pour améliorer l'orthographe et la syntaxe (composition de texte à partir d'un travail phonologique, morphologique, syntaxiques et rédactionnel).

L'enseignement intégrait quatre systèmes linguistiques : le système auditif (leçon enregistrée et donnée par les écouteurs), visuel, oral et manuel (stylet sur tablette ou doigt).

Les résultats au post-test montrent une amélioration de l'ensemble des participants dans l'automatisation du geste, mais aussi en orthographe et en syntaxe. L'échantillon comprenait dix-sept élèves souffrant de dyslexie-dysorthographie. Parmi eux, treize élèves ont amélioré leur orthographe, et 11 élèves ont amélioré leur orthographe et leur écriture.

Cette étude indique donc que les patients dyslexiques-dysorthographiques, comme les enfants au développement normal, peuvent bénéficier d'un gain en orthographe grâce à un entraînement grapho-orthographique.

Notons qu'ici, le protocole a recours à l'informatique et l'écriture manuscrite dans son protocole pour réduire les difficultés des élèves plus âgés en langage écrit. Le stylet d'une tablette numérique nécessite en effet le même geste que celui de l'écriture manuscrite. Son utilisation peut donc favoriser l'automatisation du geste graphique et développer l'orthographe.

3. Renforcer l'orthographe lexicale

L'orthographe est plus difficile que la lecture des mots. Cela peut d'abord s'expliquer par la différence de nature qu'il existe entre ces deux tâches. La lecture correspond à une tâche de reconnaissance, elle est rendue possible par des indices. L'orthographe, en revanche, est une tâche de rappel. Elle demande au scripteur de restituer la totalité des lettres qui composent le mot. (Pacton et al., 2005, p. 49)

Nous avons vu, de plus, que le système d'écriture français est beaucoup plus inconsistant quand on passe du langage oral au langage écrit que lorsqu'on passe du langage écrit au langage oral (Jaffré & Fayol, 1997). En français, l'application de correspondances phonèmes-graphèmes ne permet d'écrire, selon Véronis (1988) que la moitié des mots en français. Nous ne pouvons donc nous appuyer sur la phonologie à chaque production écrite. En parallèle d'un apprentissage des CGP, il devient donc nécessaire de mémoriser des formes orthographiques.

3.1 Analyse et copie de mots : les effets sur l'orthographe

Marin & Lavoie (2017) ont voulu vérifier l'efficacité d'un entraînement sur douze semaines combinant l'analyse orthographique de mots avec la copie de mots sur l'orthographe lexicale. Cent trente-six élèves (6-7 ans) d'une école française ont participé à l'étude.

Dans le groupe expérimental, un premier sous-groupe a bénéficié d'activités d'analyse de mots : l'expérimentateur présentait trois mots avec des illustrations, il écrivait chaque mot sous l'image correspondante, invitait les participants à analyser un mot (compter le nombre de lettres et de phonèmes). Puis, il demandait aux élèves pour chaque mot de bien le regarder pour mémoriser l'orthographe, de fermer les yeux et de le visualiser, de l'épeler à voix haute.

Chaque groupe de mots permettait de travailler une caractéristique commune, par exemple les lettres muettes en fin de mots comme dans « gris ». Les items étaient notés au tableau, leur caractéristique mise en évidence.

Le deuxième sous-groupe expérimental a bénéficié de cette même activité d'analyse en plus de tâches de copies des trois mots : avec le modèle au tableau, avec le modèle sur une feuille puis de mémoire. Un groupe contrôle ne bénéficiait d'aucun de ces entraînements.

Tous les enfants ont été évalués en pré-test et en post-test dans une tâche de dictée de mots sur les mots vus ainsi que des mots qui n'avaient pas été vus, aux caractéristiques similaires.

D'après les résultats de l'expérience, l'analyse orthographique combinée à la copie améliore le plus le développement des compétences en orthographe lexicale.

C'est le deuxième groupe expérimental qui a, en effet, obtenu des plus grands résultats en « progrès » c'est-à-dire de différence entre le pré-test et le post-test. Ce groupe a obtenu une moyenne de 3,41 dans le score de l'orthographe des mots vus, alors que le premier groupe expérimental et le groupe témoin ont obtenu, respectivement, 2,29 et 1,25.

En ce qui concerne les performances en orthographe des mots non vus, les résultats au post-test ne varient pas selon la modalité, mais tous les groupes ont progressé de façon significative. Les auteurs interprètent ce résultat comme un transfert des connaissances vers les mots nouveaux, autrement dit, une généralisation des connaissances en orthographe lexicale dans des mots nouveaux qui possèdent des caractéristiques similaires.

« La mise en correspondance de régularités orthographiques et phonologiques, stockées en mémoire, serait utilisée par le système cognitif dans le but de permettre le traitement de mots nouveaux voisins orthographiquement et/ou phonologiquement. » (Marin & Lavoie, 2017, p.9)

3.2 Un exemple de rééducation orthophonique intégrant la composante graphomotrice

Laurence Launay, orthophoniste, a créé un protocole (Launay, 2016) qui permet, entre autres, d'offrir au patient dyslexique-dysorthographique une orthographe lexicale de base. L'augmentation du lexique orthographique permet au patient de lire et écrire rapidement, automatiquement, des mots qu'il connaît. Les mots dont les représentations orthographiques ne sont pas stables sont travaillés jusqu'à ce qu'ils soient appris par le patient puis automatisés.

La première étape du protocole consiste, pour l'orthophoniste, à sélectionner des mots selon leur fréquence et leur taux d'acquisition par tranche d'âge. Pour cela, l'orthophoniste peut avoir recours à des bases de données comme *Manulex* (Lété et al. , 2004) et *Eole* (Pothier, B., & Pothier, P., 2020). *Manulex* est une base de données lexicales. Elle fournit les fréquences d'occurrences de mots calculées à partir d'un corpus de 54 manuels scolaires. *Eole*

est également une base de données, elle présente l'étalonnage des 12 000 mots les plus fréquents de la langue française écrite des années 2000.

L'orthophoniste définit avec le patient le nombre de mots à apprendre une liste de mots qu'il aura conçue selon l'âge du patient et son niveau en orthographe. L'orthophoniste demande tout d'abord au patient de prêter attention au mot : le regarder, le lire, l'épeler mais aussi comprendre sa construction grâce à la morphologie, enseignement explicite donné par l'orthophoniste.

Afin de favoriser l'apprentissage du mot, le protocole Launay s'appuie ensuite sur l'encodage haptique. Le patient est invité à repasser trois fois sur le modèle, le stylo fermé, en épelant le mot simultanément. Le mot est ensuite caché, et on demande au patient de le restituer immédiatement en copie. L'apprentissage des mots se fait sur plusieurs séances. C'est à travers la dictée de mots ou de phrases qu'on peut vérifier, les séances suivantes, l'évolution du lexique orthographique.

Nous avons vu que d'après Naka (1998), l'acte de copie favorisait la mémorisation des informations visuelles. Dans ce protocole, la copie de mot n'est pas utilisée pour que l'enfant concentre au mieux son attention sur la représentation mentale du mot. De plus, fermer le stylo permet d'éviter de confronter le patient à l'erreur et donc d'engranger une mauvaise information. Si, au bout de trois séances d'affilée, le mot est écrit correctement en dictée, il est considéré comme « stable » chez le patient (Launay, 2016, pp 135-137). L'encodage multimodal et les restitutions successives par dictée manuscrite permettent au patient de mémoriser de manière pérenne l'orthographe de ces mots.

Pour accroître le lexique orthographique, le protocole Launay s'appuie donc sur le geste graphomoteur, comme outil de rééducation orthophonique. Le stock orthographique ne se limitera pas aux mots travaillés. De Battista & Launay (2005) ont en effet montré qu'un transfert de caractéristiques orthographiques apparaissait chez les personnes qui avaient bénéficié du protocole Launay, par analogie.

4. **Conclusion**

Si les progrès en écriture et notamment en fluence sont possibles selon différentes études grâce à un entraînement graphomoteur spécifique, les progrès en orthographe ne sont pas systématiques.

Nous avons collecté plusieurs études qui montrent que renforcer les compétences graphomotrices peut avoir des conséquences très positives sur les compétences orthographiques, surtout quand elles sont développées en parallèle d'un apprentissage explicite de l'orthographe. Ces études n'excluent en rien le rôle que pourrait avoir l'informatique dans les apprentissages mais elles soulignent tout l'intérêt de favoriser la maîtrise de l'apprentissage fondamental qu'est l'écriture manuscrite.

L'acte de copie et l'utilisation d'un encodage multimodal peuvent renforcer l'apprentissage des mots. En outre, l'écriture manuscrite favorise l'augmentation de l'orthographe lexicale, outil réel de remédiation au déficit en orthographe.

Conclusion

Lorsqu'un patient consulte un orthophoniste pour une plainte dans le langage écrit, la prise en charge débute par l'évaluation du langage écrit, en compréhension et en production. Les axes thérapeutiques seront d'autant mieux définis que l'analyse des compétences du patient en langage écrit sera précise.

Les études montrent que les patients qui présentent un trouble spécifique des apprentissages en langage écrit ont souvent des difficultés graphiques (voire une dysgraphie) associées qu'il convient d'évaluer.

En améliorant préalablement les compétences graphiques des patients, il est possible de diminuer le coût cognitif et physique des tâches écrites proposées aux patients et de favoriser la remédiation de l'orthographe.

En ce sens, on peut tout d'abord voir l'écriture manuscrite comme un axe de rééducation préalable. Si le patient s'avère en trop grande difficulté motrice et que nous diagnostiquons une dysgraphie associée, l'orthophoniste pourrait alors se tourner davantage vers l'accompagnement de la maîtrise de l'outil informatique. Ce dernier nécessite un enseignement et un entraînement important que nous ne devons pas négliger.

Les travaux étudiant le graphisme en tant qu'outil d'apprentissage ont plutôt une visée pédagogique. Peu d'études intègrent à leurs expériences des personnes présentant une dyslexie-dysorthographe. Cela constitue notre principale limite. La plupart des chercheurs recrutent en effet des participants au développement normal, qui viennent d'entrer dans l'apprentissage de l'écrit ou qui sont adultes. La variété des échantillons, la question de la motivation autour de l'activité écrite ainsi que le temps consacré à l'entraînement orthographique, constituent des variables dont dépendent notre question de recherche.

Les zones sensori-motrices sont activées lors de la lecture, ce qui souligne le lien étroit qui existe entre la tâche de lecture et celle de l'écriture. Le geste d'écriture est fondamental car il agit sur les représentations cognitives de l'écrit. Jean-Luc Velay (Ludoviamagazine, 2016) souligne que nous ne connaissons pas, pour le moment, les effets réels d'un apprentissage de l'écriture au clavier. Il faudrait pour cela réaliser des études longitudinales sur des élèves qui n'auraient jamais abordé l'écriture manuscrite mais qui auraient appris à écrire au clavier. Si l'écriture électronique peut avoir des intérêts pédagogiques certains, son

processus est si différent qu'elle pourrait, selon Jean-Luc Velay (Ludoviamagazine, 2016) modifier nos structures mentales et ralentir les apprentissages.

L'ensemble des études que nous avons parcourues soutiennent que l'exploration multimodale (visuelle, haptique, motrice et kinesthésique) des lettres et des mots facilite l'apprentissage des connaissances lexicales et orthographiques. L'écriture manuscrite favorise par ailleurs la consolidation du lexique orthographique qui, lorsqu'il est suffisamment développé, permet une lecture et une orthographe plus précises et rapides. L'écriture manuscrite s'avère donc, en plus d'être un axe thérapeutique possible, un outil de rééducation pertinent et efficace.

Toutefois, l'écriture manuscrite ne saurait remplacer à elle seule le travail autour du système des correspondances grapho-phonémiques, tout comme le travail autour des régularités grapho-tactiques ou encore la morphologie dérivationnelle et flexionnelle qui sont si importants dans la rééducation orthophonique des patients dyslexiques-dysorthographiques (Singson, Mahony, & Mann, 2000).

Les travaux que nous avons pu lire ont souvent à cœur d'étudier l'écriture manuscrite en opposition avec l'écriture au clavier. Cela se manifeste notamment dans les titres des articles, parfois de manière véhémement comme pour Cunningham & Stanovich (1990) : « Early spelling acquisition: Writing beats the computer ».

La présente revue de littérature n'a pas pour fin de démontrer que l'écriture manuscrite est « supérieure » ou « inférieure » à l'écriture dactylographique. Nous affirmons toutefois que l'outil scripteur a un impact considérable et facilitateur sur la mémorisation des informations verbales, notamment grâce au geste graphique, c'est pourquoi nous devons avoir à cœur d'intégrer cet outil dans la rééducation des patients dyslexiques-dysorthographiques.

Avec la multiplication des supports informatiques et notamment des tablettes, nous pourrions étudier l'intérêt réel des outils informatiques et particulièrement des applications.

Il faudrait alors les envisager non pas comme des outils palliatifs mais comme des outils de rééducation orthophonique dans la prise en soin des patients dyslexiques-dysorthographiques.

Bibliographie

- Abbott, R., Berninger, V., & Fayol, M. (2010). Longitudinal relationships of levels of language in writing and between writing and reading in grades 1 to 7. *Journal of Educational Psychology, 102*, 281–298.
- Alamargot, D. (2007). Développement de la mémoire : impact sur l'apprentissage de la production écrite. *Entretiens d'orthophonie Bichat*, 210–228
- Ajuriaguerra de, J., Auzias, M., Coumes, F., Denner, A., Lavondes-Monod, V., Perron, R., Stambak, M. (1964). *L'écriture de l'enfant. Vol. 1, L'évolution de l'écriture et ses difficultés*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé (réédition 1989)
- Albaret, J. M., Kaiser, M. L., & Soppelsa, R. (2013). *Troubles de l'écriture chez l'enfant*. Berchem, Belgique : De Boeck.
- Alves, R. A., Limpo, T., Fidalgo, R., Carvalhais, L., Pereira, L. Á., & Castro, S. L. (2016). The impact of promoting transcription on early text production: Effects on bursts and pauses, levels of written language, and writing performance. *Journal of Educational Psychology, 108*(5), 665-679. <https://doi.org/10.1037/edu0000089>
- American Psychiatric Association. (2013). *DSM-5: Diagnostic and statistical manual of mental disorders*. Washington (D.C.), London: American Psychiatric Publishing, a division of American Psychiatric Association
- Aparicio, X., Alamargot, D., Morin, M.-F. & Louis, J. (2019). Intérêts et limites des outils numériques pour l'apprentissage de la production écrite. *A.N.A.E., 163*, 769-774
- Bacquelé, V. (2014). L'usage de l'informatique par les élèves dyslexiques : un outil de compensation à l'épreuve de l'inclusion scolaire. *Terminal, (116)*, 1-13. <https://doi.org/10.4000/terminal.661>
- Bacquelé, V. (2012). La mise en accessibilité de l'écriture par les outils informatiques pour les adolescents dyslexiques et dysorthographiques. *Eduquer | Former, 2*(44), 71-87. Consulté à l'adresse [http://eduquer-former.icp.fr/?journal=ef&page=article&op=viewFile&path\[\]=18&path\[\]=14](http://eduquer-former.icp.fr/?journal=ef&page=article&op=viewFile&path[]=18&path[]=14)
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory?, In *Trends in Cognitive Sciences*, 11 (4)

- Bangert-Drowns, R. L. (1993). The word processor as an instructional tool: A meta-analysis of word processing in writing instruction. *Review of Educational Research*, 63(1), 69–93. <https://doi.org/10.2307/1170560>
- Berninger, V.W, Nagy, W., Tanimoto, S., Thompson, R., & Abbott, R. D. (2015). Computer instruction in handwriting, spelling, and composing for students with specific learning disabilities in grades 4–9. *Computers & Education*, 81, 154-168. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.10.005>
- Berninger, V.W, Abbott, R. D., Augsburger, A., & Garcia, N. (2009). Comparison of Pen and Keyboard Transcription Modes in Children with and without Learning Disabilities. *Learning Disability Quarterly*, 32(3), 123-141. <https://doi.org/10.2307/27740364>
- Berninger, V.W, Nielsen, K. H., Abbott, R. D., Wijsman, E., & Raskind, W. (2008). Writing problems in developmental dyslexia: Under-recognized and under-treated. *Journal of School Psychology*, 46(1), 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.jsp.2006.11.008>
- Bosse, M.-L., Chaves, N., & Valdois, S. (2014). Lexical orthography acquisition: Is handwriting better than spelling aloud? *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00056>
- Brin, F., Courier, C., Lederlé, E., & Masy, V. (2004a). dysgraphie. In *Dictionnaire d'orthophonie* (3e éd., p. 84). Isbergues, France : Ortho Edition.
- Brin, F., Courier, C., Lederlé, E., & Masy, V. (2004b). graphisme. In *Dictionnaire d'orthophonie* (3e éd., p. 121). Isbergues, France : Ortho Edition.
- Brin, F., Courier, C., Lederlé, E., & Masy, V. (2004c). orthographe. In *Dictionnaire d'orthophonie* (3e éd., p. 184). Isbergues, France : Ortho Edition.
- Capellini, S., Coppede, A., Valle T., (2010). Fine motor function of school-aged children with dyslexia, learning disability and learning difficulties. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, 22, 201-208.
- Caramazza, A. (1988). Some Aspects of Language Processing Revealed Through the Analysis of Acquired Aphasia: The Lexical System. *Annual Review of Neuroscience*, 11(1), 395-421. <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.11.030188.002143>

- Casalis, S., Leloup, G., & Parriaud, F. B. (2019). *Prise en charge des troubles du langage écrit chez l'enfant* (2e éd.). Issy-les-Moulineaux, France : Elsevier Masson.
- Chabanne, J.-C. & Bucheton, D. (2008). Les « écrits intermédiaires » pour penser, apprendre et se construire. *Québec français*, (149), 60–62.
- Chaix, Y., Valdois, S., & Habib, M. (2017). *Dyslexies développementales*. Montpellier, France : Sauramps Médical.
- Charles, M., Soppelsa, R., Albaret, JM. (2004). *Manuel du BHK - Échelle d'évaluation rapide de l'écriture chez l'enfant*. Paris: Éditions du Centre de Psychologie Appliquée
- Christensen, C. A. (2004). Relationship between orthographic-motor integration and computer use for the production of creative and well-structured written text. *British Journal of Educational Psychology*, 74(4), 551-565. <https://doi.org/10.1348/0007099042376373>
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 108(1), 204-256. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.108.1.204>
- Connelly, V., Gee, D., & Walsh, E. (2007). A comparison of keyboarded and handwritten compositions and the relationship with transcription speed. *British Journal of Educational Psychology*, 77(2), 479-492. <https://doi.org/10.1348/000709906x116768>
- Cunningham, A. E., & Stanovich, K. E. (1990). Early spelling acquisition: Writing beats the computer. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 159-162. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.82.1.159>
- De Battista, E. & Launay, L. (2005). Rééducation cognitive des graphies contextuelles « c » et « g » chez deux enfants dyslexiques de surface. *Glossa* (91), 50-66
- Dehaene, S. (2011). *Apprendre à lire*. Paris, France : Odile Jacob.
- Dehaene, S., Pegado, F., Braga, L. W., Ventura, P., Filho, G. N., Jobert, A., ... Cohen, L. (2010). How Learning to Read Changes the Cortical Networks for Vision and Language. *Science*, 330(6009), 1359-1364. <https://doi.org/10.1126/science.1194140>

- Ehri, L. C., & Wilce, L. S. (1980). The influence of orthography on readers' conceptualization of the phonemic structure of words. *Applied Psycholinguistics*, 1(4), 371-385. <https://doi.org/10.1017/s0142716400009802>
- Engelkamp, J., & Zimmer, H. D. (1984). Motor programme information as a separable memory unit. *Psychological Research*, 46(3), 283-299. <https://doi.org/10.1007/bf00308889>
- Fawcett, A. J., & Nicolson, R. I. (1992). Automatisation deficit in balance for dyslexic children. *Perceptual and Motor Skills*, (75), 509-529. <https://doi.org/10.2466/pms.1992.75.2.507>
- Fayol, M. (2017). *L'acquisition de l'écrit* (2e éd.). Paris, France : Presses universitaires de France.
- Gosse, C., & Van Reybroeck, M. (2020). Do children with dyslexia present a handwriting deficit? Impact of word orthographic and graphic complexity on handwriting and spelling performance. *Research in Developmental Disabilities*, 97, 103553. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2019.103553>
- Graham, S., Harris, K. R., & Adkins, M. (2018). The impact of supplemental handwriting and spelling instruction with first grade students who do not acquire transcription skills as rapidly as peers: a randomized control trial. *Reading and Writing*, 31(6), 1273-1294. <https://doi.org/10.1007/s11145-018-9822-0>
- Grainger, J., Bertrand, D., Lété, B., Beyersmann, E., & Ziegler, J. C. (2016). A developmental investigation of the first-letter advantage. *Journal of Experimental Child Psychology*, 152, 161-172. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.07.016>
- Hulme, C. (1981). *Reading Retardation and Multi-sensory Teaching*. Abingdon, Royaume-Uni : Routledge.
- Hulme, C, & Bradley, L. (1984). An experimental study of multisensory teaching with normal and retarded readers. In R. Malatesha & H. Whitaker (Eds.), *Dyslexia: A global issue* (pp. 431-443). The Hague: Martinus Nijhoff
- Jaffré, J.P. & Fayol, M. (1997). *Orthographe : des systèmes aux usages*. Paris : Flammarion.

- Jucla, M., Dufor, O., Planton, S., & Demonet, J. F. (2012). Les bases neurophysiologiques de la production écrite. *ANAE - Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, 1-16. Consulté à l'adresse https://www.researchgate.net/publication/260244371_Les_bases_neurophysiologiques_de_la_production_ecrite
- Kandel, S., Lassus-Sangosse, D., Grosjacques, G., & Perret, C. (2017). The impact of developmental dyslexia and dysgraphia on movement production during word writing. *Cognitive Neuropsychology*, 34(3-4), 219-251. <https://doi.org/10.1080/02643294.2017.1389706>
- Kiefer, M., Schuler, S., Mayer, C., Trumpp, N. M., Hille, K., & Sachse, S. (2015). Handwriting or Typewriting? The Influence of Penor Keyboard-Based Writing Training on Reading and Writing Performance in Preschool Children. *Advances in Cognitive Psychology*, 11(4), 136-146. <https://doi.org/10.5709/acp-0178-7>
- Kiefer, M., & Trumpp, N. M. (2012). Embodiment theory and education: The foundations of cognition in perception and action. *Trends in Neuroscience and Education*, 1(1), 15-20. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2012.07.002>
- Launay, L. (2018). Du DSM-5 au diagnostic orthophonique: élaboration d'un arbre décisionnel. *Rééducation Orthophonique*, (273). Elsevier / Masson.
- Launay, L. (2016). Chapitre 3 : le soin orthophonique dans la prise en charge du patient dyslexique/dysorthographique. Dans Maeder, C., Kremer, J.-M., Lederlé, E., & Ferrand, P. (pp 109-137). *Guide de l'orthophoniste: Volume III Intervention dans les troubles du langage écrit et raisonnement les "dys" et autres*. Paris: Lavoisier, médecine sciences.
- Lavoie, N., Morin, M.-F., Coallier, M., & Alamargot, D. (2019). An explicit multicomponent alphabet writing instruction program in grade 1 to improve writing skills. *European Journal of Psychology of Education*, 35, 333-355. <https://doi.org/10.1007/s10212-019-00428-6>
- Lété, B., Sprenger-Charolles, L., & Colé, P. (2004). Manulex: A grade-level lexical database from French elementary-school readers. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36, 156-166.

- Lewis, R.B. (1998) *Enhancing the writing skills of students with learning disabilities through technology : an investigation of the effects of text entry tools, editing tools, and speech synthesis*. Research report, San Diego State University, Educationnal Ressources Information Center, 61.
- Lichtsteiner, S.H, Wicki, W., & Falmann, P. (2018). Impact of handwriting training on fluency, spelling and text quality among third graders. *Reading and Writing*, 31(6), 1295-1318. <https://doi.org/10.1007/s11145-018-9825-x>
- Livni, E. (2017, juillet 25). Handwriting is coming back in style for scientific and practical reasons for adults and children. Consulté le 13 avril 2020, à l'adresse <https://qz.com/1037057/keyboards-are-overrated-cursive-is-back-and-its-making-us-smarter/>
- Longcamp, M., Zerbato-Poudou, M.-T., & Velay, J.-L. (2005). The influence of writing practice on letter recognition in preschool children: A comparison between handwriting and typing. *Acta Psychologica*, 119(1), 67-79. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2004.10.019>
- Ludoviamagazine. (2016, mai 19). Écriture et numérique : apports et limites [Fichier vidéo]. *YouTube*. Consulté à l'adresse https://www.youtube.com/watch?v=PwmDDY3OTGA&feature=emb_title
- Mangen, A., Anda, L. G., Oxborough, G. H., & Brønnick, K. (2015). Handwriting versus keyboard writing: Effect on word recall. *Journal of Writing Research*, 7(2), 227-247. <https://doi.org/10.17239/jowr-2015.07.02.1>
- Marin, J., & Lavoie, N. (2017). L'influence d'une pratique d'analyse de mots sur le développement des compétences en orthographe lexicale de scripteurs débutants. *Lidil*, (55), 1-17. <https://doi.org/10.4000/lidil.4216>
- Martlew, M. (1992). Handwriting and spelling: dyslexic children's abilities compared with children of the same chronological age and younger children of the same spelling level. *British Journal of Educational Psychology*, 62(3), 375-390. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.1992.tb01030.x>
- Meyer, M. S., & Felton, R. H. (1999). Repeated reading to enhance fluency: Old approaches and new directions. *Annals of Dyslexia*, 49(1), 283-306. <https://doi.org/10.1007/s11881-999-0027-8>

- Morin, M.-F. & Alamargot, D. (2019). Les entraînements graphomoteurs : quelles pratiques, quels effets ? *A.N.A.E.*, 163, 730-738.
- Morphy, P., & Graham, S. (2012). Word processing programs and weaker writers/readers: a meta-analysis of research findings. *Reading and Writing*, 25(3), 641-678. <https://doi.org/10.1007/s11145-010-9292-5>
- Naka, M. (1998). Repeated writing facilitates children's memory for pseudocharacters and foreign letters. *Memory & Cognition*, 26(4), 804-809. <https://doi.org/10.3758/bf03211399>
- Nakatsuka, M., Thabit, M.N, Koganemaru, S., Nojima, I., Fukuyama, H., Mima, T. (2012): Writing's shadow: Corticospinal activation during letter observation. *J. Cogn. Neurosci.* 24,1138–1148.
- Pacton, S., Fayol, M., & Foulon, J.-N. (2005). L'apprentissage de l'orthographe lexicale. *Rééducation Orthophonique*, 222, 47-68.
- Pattamadilok, C., Ponz, A., Planton, S., & Bonnard, M. (2016). Contribution of writing to reading: Dissociation between cognitive and motor process in the left dorsal premotor cortex. *Human Brain Mapping*, 37(4), 1531-1543. <https://doi.org/10.1002/hbm.23118>
- Peake, C., Diaz, A., & Artiles, C. (2016). Alphabet Writing and Allograph Selection as Predictors of Spelling in Sentences Written by Spanish-Speaking Children Who Are Poor or Good Keyboarders. *Journal of Learning Disabilities*, 50(5), 543-551. <https://doi.org/10.1177/0022219416642188>
- Pinto, S., & Sato, M. (2016). *Traité de neurolinguistique*. Louvain-la-Neuve, Belgique : De Boeck.
- Pothier, B., & Pothier, P. (2020). *Echelle d'acquisition en orthographe lexicale EOLE*. Editions Retz.
- Purcell, J. J., Napoliello, E. M., & Eden, G. F. (2011). A combined fMRI study of typed spelling and reading. *NeuroImage*, 55(2), 750-762. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.11.042>

- Rogers, J., & Case-Smith, J. (2002). Relationships Between Handwriting and Keyboarding Performance of Sixth-Grade Students. *American Journal of Occupational Therapy*, 56(1), 34-39. <https://doi.org/10.5014/ajot.56.1.34>
- Rose, J. (2009). *Identifying and Teaching Children and Young People with Dyslexia and Literacy Difficulties*. Consulté à l'adresse <http://www.thedyslexia-spldtrust.org.uk/media/downloads/inline/the-rose-report.1294933674.pdf>
- Roux, F.-E., Dufor, O., Giussani, C., Wamain, Y., Draper, L., Longcamp, M., & Démonet, J.-F. (2009). The graphemic/motor frontal area Exner's area revisited. *Annals of Neurology*, 66(4), 537-545. <https://doi.org/10.1002/ana.21804>
- Shahar-Yames, D., & Share, D. L. (2008). Spelling as a self-teaching mechanism in orthographic learning. *Journal of Research in Reading*, 31(1), 22–39. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2007.00359.x>
- Shaywitz, B. A., Shaywitz, S. E., Pugh, K. R., Mencl, W. E., Fulbright, R. K., Skudlarski, P., ... Gore, J. C. (2002). Disruption of posterior brain systems for reading in children with developmental dyslexia. *Biological Psychiatry*, 52(2), 101-110. [https://doi.org/10.1016/s0006-3223\(02\)01365-3](https://doi.org/10.1016/s0006-3223(02)01365-3)
- Singson, M., Mahony, D., & Mann, V. (2000a). The relation between reading ability and morphological skills: Evidence from derivation suffixes. *Reading and Writing*, 12(3/4), 219-252. <https://doi.org/10.1023/a:1008196330239>
- Smoker, T. J., Murphy, C. E., & Rockwell, A. K. (2009). Comparing Memory for Handwriting versus Typing. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 53(22), 1744-1747. <https://doi.org/10.1177/154193120905302218>
- Soppelsa, R., Matta Abizeid, C., Chéron, A., Chéron, A., Danna, J., & Albaret, J. (2016). Dysgraphies et rééducation psychomotrice : Données actuelles. *Les Entretiens de Psychomotricité*, 1-8. Consulté à l'adresse https://www.researchgate.net/publication/308948494_Dysgraphie_et_reeducation_psychomotrice_donnees_actuelles

- Soppelsa, R., Albaret, J-M. (2013). *Manuel du BHK Ado - Échelle d'évaluation rapide de l'écriture chez l'adolescent*. Paris: Éditions du Centre de Psychologie Appliquée
- Søvik, N., Arntzen, O., & Thygesen, R. (1987). Relation of Spelling and Writing in Learning Disabilities. *Perceptual and Motor Skills*, 64(1), 219-236. <https://doi.org/10.2466/pms.1987.64.1.219>
- Sumner, E., Connelly, V., & Barnett, A. (2014). The influence of spelling ability on handwriting production: Children with and without dyslexia. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 40(5), 1441-1447. <https://doi.org/10.1037/a0035785>
- Sumner, E., Connelly, V., & Barnett, A. L. (2013). Children with dyslexia are slow writers because they pause more often and not because they are slow at handwriting execution. *Reading and Writing*, 26(6), 991-1008. <https://doi.org/10.1007/s11145-012-9403-6>
- Thoulon-Page, C., de Montesquieu, F., & Revol, O. (2018). *La rééducation de l'écriture de l'enfant et de l'adolescent* (4e éd.). Issy-les-Moulineaux, France : Elsevier Masson.
- Vaughn, S., Schumm, J. S., & Gordon, J. (1992). Early Spelling Acquisition: Does Writing Really Beat the Computer? *Learning Disability Quarterly*, 15(3), 223-228. <https://doi.org/10.2307/1510245>
- Veronis, J. (1988). From sound to spelling in French : Simulation on a computer. *European Bulletin of Cognitive Psychology*, 8, 315-334.
- Versace, R., Brouillet, D., Vallet, G. (2018). *Cognition incarnée: Une cognition située et projetée*. Wavre, Belgique: Mardaga.
- Wechsler, D. (2005). *Wechsler Individual Achievement Test, (WIAT-II)* (2nd ed.). London: The Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (2009). *Wechsler individual achievement test—III*. San Antonio, TX: Psychological Corporation.
- Wolff, P. H. (2002). Timing precision and rhythm in developmental dyslexia. *Reading and Writing*, 15(1), 179-206. <https://doi.org/10.1023/a:1013880723925>

- Ziegler, J. C., Perry, C., & Zorzi, M. (2014). Modelling reading development through phonological decoding and self-teaching: implications for dyslexia. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1634), 20120397. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0397>

Titre du Mémoire : Intérêt de l'écriture manuscrite dans la prise en soin des patients présentant un trouble spécifique des apprentissages en langage écrit : une revue de littérature.

RESUME

Alors que l'écriture manuscrite tend à disparaître de notre quotidien, nous avons mené une revue de littérature afin de comprendre les processus en jeu dans les différentes modalités d'écriture (manuelle ou dactylographique) dans l'apprentissage du langage écrit. Ce dernier pose en effet problème aux patients dyslexiques-dysorthographiques. Notre étude s'intéresse aux compétences graphomotrices de ces patients ainsi qu'à l'impact de la modalité de l'écriture dans le développement de la lecture et de l'orthographe. Les études montrent que plus l'écriture manuscrite est maîtrisée et plus les compétences en langage écrit sont bonnes. Par ailleurs, elle favorise la mémorisation des informations verbales et le développement de l'orthographe lexicale, nécessaire pour rendre la lecture et l'orthographe optimales.

MOTS-CLES

écriture manuscrite, dyslexie-dysorthographie, orthographe, lecture, écriture au clavier, rééducation orthophonique

ABSTRACT

As handwriting tends to disappear from our daily lives, we conducted a literature review in order to understand the processes involved in the different writing modalities (manual or typing) in learning written language. The latter indeed is problematic for, the dyslexic-dysorthographic persons. Our study focuses on the graphomotor skills of these patients and the impact of the writing modality on the development of reading and spelling. The studies show that the more handwriting is mastered, the better are the written language skills. Furthermore, it seems to enhance the memorization of verbal information and promote the development of lexical spelling, which is necessary for optimal reading and spelling.

KEY WORDS

handwriting, dyslexia-dysorthographia, spelling, reading, typing, speech therapy remediation