

## Le phénomène de l'écriture en miroir chez les jeunes enfants

**Auteur :** Discry, Pauline

**Promoteur(s) :** Comblain, Annick

**Faculté :** Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Éducation

**Diplôme :** Master en sciences psychologiques, à finalité spécialisée en psychologie clinique

**Année académique :** 2020-2021

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/12395>

---

### Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

---



Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Éducation

---

# Le phénomène de l'écriture en miroir chez les jeunes enfants

---

**Mémoire présenté par Pauline Discry**

En vue de l'obtention du grade de master en Sciences Psychologiques,  
à finalité spécialisée en psychologie clinique

Sous la direction de Madame COMBLAIN Annick

Lectrices : Madame GILLET Sophie

Madame SCHILLINGS Patricia

---

Année académique 2020-2021

## REMERCIEMENTS

Tout d'abord, il est important pour moi de remercier toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, contribué à la réalisation de ce mémoire.

Je souhaite remercier en premier lieu ma promotrice, Madame Annick Comblain, pour son soutien constant, ses conseils, mais également pour sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Je tiens également à remercier Madame Sophie Gillet et Madame Patricia Schillings pour avoir marqué leur intérêt pour ce mémoire.

Je remercie chaleureusement les directeurs/directrices des écoles qui, bien que nous soyons actuellement confrontés à une crise sanitaire, ont accepté que je vienne dans leur établissement et qui ont transmis les différents documents à leurs élèves. Je les remercie également pour leur bienveillance et leurs encouragements.

J'adresse un merci particulier à mon père et à ma belle-mère, pour leurs relectures et corrections bienveillantes et intéressées. Je remercie également mon frère, Batiste, pour l'aide qu'il m'a accordée lorsqu'il a fallu découper toutes les bandelettes de papier et pour son soutien moral. Je remercie toute ma famille pour son soutien indéfectible tout au long de mon parcours universitaire.

Je tiens également à saluer là-haut mon arrière-grand-père, Georges Bastin, psychologue d'un autre temps, qui, sans le savoir, m'a aiguillé vers ce choix de mémoire.

J'adresse un grand merci à mon ancien maître de stage, Monsieur Frédéric Widart, pour son soutien et pour m'avoir permis de me surpasser. Je remercie également mon amie, Elsa, pour s'être tenu au courant de mon avancée régulièrement, pour ses conseils et son soutien moral.

Enfin, je tiens également à remercier tous les parents qui ont porté un intérêt à mon travail et qui ont accepté que je rencontre leur enfant. Sans eux, la réalisation de ce mémoire n'aurait pas été possible.

# TABLE DES MATIÈRES

<b>INTRODUCTION</b>	1
<b>I. THÉORIE</b>	3
1. La latéralité manuelle	3
1.1. Introduction	3
1.2. La préférence manuelle	4
1.3. La performance manuelle	7
1.4. Conclusion	9
2. L'apprentissage de l'écriture	9
2.1. Introduction	9
2.2. Du dessin à l'écriture	10
2.3. L'écriture	12
2.4. L'amélioration de l'écriture	14
2.5. Conclusion	15
3. L'écriture en miroir	16
3.1. Les idées reçues	16
3.2. Les modèles neuropsychologiques	17
3.3. Les modèles cognitifs	24
3.4. Évolution des idées	31
<b>II. HYPOTHÈSES DE RECHERCHE</b>	32
1. L'orientation des caractères	32
2. L'influence du contexte	33
3. Difficultés dans la reconnaissance de l'orientation	34
4. L'influence de la dictée sur l'écriture en miroir	35
5. Le niveau de scolarité	36
<b>III. MÉTHODOLOGIE</b>	37
1. Informations sur les participants	37
2. Procédure	39
3. Méthodes d'analyse des résultats	44
<b>IV. RÉSULTATS</b>	49
1. Introduction	49
2. Analyses descriptives	49
2.1. Questionnaires à destination des parents	49
2.2. Formation des caractères asymétriques	51
3. Analyses quantitatives	58
3.1. Analyses globales	58

3.2.	L'orientation des caractères .....	61
3.3.	L'amorçage par l'écriture précédente .....	62
3.5.	Difficultés dans la reconnaissance de l'orientation.....	66
<b>V.</b>	<b>DISCUSSION</b> .....	<b>70</b>
1.	Introduction.....	70
2.	Discussion .....	70
2.1.	Première hypothèse : l'orientation des caractères.....	71
2.2.	Deuxième hypothèse : l'influence du contexte.....	72
2.3.	Troisième hypothèse : les difficultés dans la reconnaissance de l'orientation.....	73
2.4.	Quatrième hypothèse : l'influence de la dictée sur l'écriture en miroir .....	74
2.5.	Cinquième hypothèse : le niveau de scolarité .....	74
3.	Perspectives pédagogiques .....	75
4.	Limites .....	76
	<b>CONCLUSIONS GÉNÉRALES</b> .....	<b>79</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>81</b>
	<b>ANNEXES</b> .....	<b>94</b>
	<b>RÉSUMÉ</b> .....	<b>112</b>

## Liste des tableaux

Tableau 1 Pourcentages relatifs d'écriture en miroir, moyennes (et écarts-types) ainsi que les médianes d'écritures en miroir dans chaque condition .....	59
Tableau 2 Pourcentages relatifs d'écriture en miroir, moyennes (et écarts-types) ainsi que les médianes d'écritures en miroir .....	61
Tableau 3 Pourcentages relatifs d'écriture en miroir, moyennes (et écarts-types) ainsi que les médianes d'écritures en miroir .....	63
Tableau 4 Moyennes (et écarts-types) et médianes des pourcentages arbitraires dans chaque condition.....	64
Tableau 5 Moyennes (et écarts-types) et médianes des pourcentages d'erreurs de reconnaissance d'orientation dans chaque condition .....	68

## Liste des figures

Figure 1. Illustration de l'écriture en miroir des chiffres par rapport aux axes verticaux et horizontaux .....	20
Figure 2. Représentations de l'écriture en miroir chez les parents (n = 60). .....	50
Figure 3. Représentations chez les parents ayant observé de l'écriture en miroir chez leur enfant (n = 20).....	50
Figure 4. Caractère interpellant de l'écriture en miroir en fonction de la représentation du phénomène par les parents d'enfants qui écrivent en miroir (n = 20). .....	51
Figure 5. Pourcentages relatifs de l'écriture en miroir des lettres asymétriques.....	52
Figure 6. Pourcentages relatifs de l'écriture en miroir des chiffres asymétriques .....	52
Figure 7. Formation des caractères asymétriques par les enfants. ....	52
Figure 8. Formation de la lettre B en miroir.....	53
Figure 9. Formation de la lettre C en miroir.....	53
Figure 10. Formation de la lettre D en miroir. ....	53
Figure 11. Formation de la lettre E en miroir.....	53
Figure 12. Formation de la lettre F en miroir.....	53
Figure 13. Formation de la lettre G en miroir. ....	54
Figure 14. Formation de la lettre J en miroir.....	54
Figure 15. Formation de la lettre K en miroir.....	54
Figure 16. Formation de la lettre L en miroir .....	54
Figure 17. Formation de la lettre N en miroir .....	55
Figure 18. Formation de la lettre P en miroir.....	55
Figure 19. Formation de la lettre Q en miroir .....	55
Figure 20. Formation de la lettre R en miroir.....	55
Figure 21. Formation de la lettre S en miroir .....	56
Figure 22. Formation de la lettre Z en miroir .....	56
Figure 23. Formation du chiffre 1 en miroir.....	56
Figure 24. Formation du chiffre 2 en miroir .....	56
Figure 25. Formation du chiffre 3 en miroir.....	57
Figure 26. Formation du chiffre 4 en miroir.....	57
Figure 27. Formation du chiffre 5 en miroir .....	57
Figure 28. Formation du chiffre 6 en miroir.....	57
Figure 29. Formation du chiffre 7 en miroir .....	58

Figure 30. Formation du chiffre 9 en miroir .....	58
Figure 31. Fréquences des prénoms en condition favorisant l'écriture en miroir.....	64
Figure 32. Différentes manières dont les enfants ont écrit leur prénom dans la condition favorisant l'écriture en miroir, en fonction de leur écriture correcte ou en miroir.....	65
Figure 33. La relation positive entre l'écriture en miroir et les erreurs de reconnaissances d'orientation.....	67

# INTRODUCTION

Alfred Buchwald, neurologue allemand, a été le premier à introduire l'écriture en miroir dans la littérature scientifique en 1878. L'écriture spéculaire, appelée couramment l'écriture en miroir, est une forme d'écriture où des phrases, des mots entiers ou des lettres individuelles sont produits par une inversion graphique latérale des lettres. Si on place un miroir perpendiculairement à cette inversion, le miroir réfléchira l'écriture correcte habituelle. Bien qu'il existe plusieurs formes d'écritures spéculaires, nous allons nous intéresser à l'écriture en miroir horizontale qui est la plus courante.

Il existe deux formes d'écriture en miroir horizontale, l'une complète et l'autre partielle.

La forme complète se caractérise par une inversion intégrale des mots, des nombres et de l'orientation de l'écriture, de gauche à droite (par exemple, AJRAO pour CARLA et 01 pour 10), alors que la forme partielle, la plus fréquente, se distingue par une écriture normalement orientée (de gauche à droite), où ce sont les lettres et les chiffres qui sont inversés (par exemple, JAJJA et 10). La forme partielle peut également se caractériser par une inversion de l'orientation de l'écriture en maintenant le sens correct des lettres ou des chiffres (ALRAC et 01) (Fischer, 2011b).

On rencontre fréquemment ce phénomène d'écriture en miroir chez les enfants qui commencent à écrire. Cette forme d'écriture tend à diminuer avec l'âge et devrait disparaître vers huit ans (Schott, 2007). Cependant, elle peut encore être observée chez certaines personnes à la suite de lésions cérébrales, de démence ou d'anxiété. En effet, ces personnes, obligées d'écrire avec leur main non-dominante (généralement la gauche), se sont mises à écrire en miroir. Il ne s'agira toutefois pas de l'objet de cet écrit, la différence fondamentale étant que les enfants concernés par notre question écrivent en miroir avec leur main dominante pendant une étape transitoire.

Selon Bee et Boyd (2008), les programmes scolaires exigent d'apprendre de plus en plus tôt l'écriture aux enfants alors qu'ils ne maîtrisent pas encore l'orientation gauche-droite. Cette contrainte amène les enseignants de l'enseignement maternel à constater plus fréquemment des écritures en miroir.



Bien que l'écriture en miroir fasse l'objet d'études depuis des décennies, les résultats ont souvent été contradictoires. De plus, les études qui s'intéressent à ce phénomène chez les jeunes enfants tout-venant sont rares, la plupart des recherches se sont concentrées sur des populations spécifiques, des cas pathologiques, ... Nous pensons dès lors qu'il est intéressant de nous focaliser sur cette population afin de confirmer ou d'infirmer diverses hypothèses que nous avons dégagées de la littérature.

Pour atteindre cet objectif, nous commencerons ce travail par une partie théorique qui fournira d'abord un éclairage sur la latéralité manuelle et sur l'apprentissage de l'écriture puis qui exposera l'historique des différentes théories de l'écriture en miroir. Ce dernier nous permettra de suivre l'évolution des théories et d'aborder les idées reçues à ce sujet. Ensuite, nous exposerons les hypothèses que nous travaillerons dans ce mémoire et la méthodologie utilisée. Cette dernière sera suivie d'une discussion des résultats obtenus au regard de la littérature scientifique ainsi que différentes perspectives pédagogiques.

# I. THÉORIE

## 1. La latéralité manuelle

### 1.1. Introduction

Avant d'aborder l'écriture en miroir, il est important d'évoquer la préférence manuelle car celle-ci joue un rôle dans le contrôle de la motricité fine servant à l'apprentissage de l'écriture.

L'asymétrie fonctionnelle la plus simple et la plus évidente dans le système nerveux concerne la main, et correspond à l'utilisation préférentielle de la main droite plutôt que la main gauche, présente dans près de 90 % de la population globale (Annett, 1985). Chez l'homme, le croisement des voies nerveuses motrices (et sensorielles) correspond à une préférence manuelle conduite par une dominance hémisphérique contralatérale dans le contrôle moteur (Prete & Tommasi, 2018). En d'autres termes, lorsqu'une personne est droitère, c'est l'hémisphère contralatéral, l'hémisphère gauche, qui est plus compétent pour le contrôle de la motricité fine et/ou pour le contrôle de la force. Cela signifie que si une personne est fortement latéralisée à droite (droitière), son hémisphère gauche est plus compétent que l'hémisphère droit, soit pour le contrôle de la motricité fine, soit pour la force, soit pour les deux. Ainsi, la latéralité comportementale correspond à un déséquilibre cérébral, qui serait bénéfique pour que chaque côté du cerveau développe des compétences spécifiques (Bondi et al., 2020).

Cette asymétrie au niveau de la population (90 % de droitiers contre 10 % de gauchers) semble indépendante des caractéristiques démographiques, telles que le sexe et l'origine ethnique. Elle serait d'ailleurs déjà présente pendant la vie prénatale (Fagard, 2013), continuerait à évoluer dans la vie post-natale et se stabiliserait à l'âge adulte (Gooderham & Bryden 2014). En outre, la manualité se divise en deux grands concepts : (1) la préférence manuelle qui identifie la main préférée pour accomplir une tâche et (2) la performance manuelle qui différencie les capacités entre les deux mains pour une tâche particulière (McManus et Bryden, 1992).

## 1.2. La préférence manuelle

La préférence manuelle est une perspective dimensionnelle qui permet de situer une personne sur un continuum allant de la gaucherie extrême à la droiterie extrême. Le nombre de personnes classées comme droitières est plus élevé en général et la proportion augmenterait en fonction de l'âge des individus (Porac et al., 1980). Bien que des pressions environnementales en faveur des droitiers aient été soulignées avant les années 1930, ces contraintes sociales expliquent peu l'asymétrie de la préférence manuelle dans la population (Porac et al., 1980). Certains chercheurs (O'Regan & Serrian, 2018) suggèrent qu'une asymétrie hémisphérique peut influencer le développement de la préférence manuelle. Les droitiers présentent une latéralisation hémisphérique plus prononcée pour les fonctions cognitives, s'appuyant davantage sur les asymétries entre les hémisphères, tandis que les gauchers sont plus susceptibles de présenter une latéralisation atypique (O'Regan & Serrian, 2018). En effet, les performances des gauchers dans diverses tâches unimanuelles indiquent que ces personnes sont moins latéralisées en général que leurs homologues droitiers. Les gauchers ont donc besoin de plus de temps sur le plan développemental pour déterminer quelle main est réellement plus efficace pour effectuer des tâches particulières, ce qui explique que certaines personnes se classent ultérieurement comme droitières (Scharoun & Bryden, 2014). La latéralité se spécifie au cours du développement et les enfants peu latéralisés tendent à devenir droitiers avec l'âge (McManus et al, 1988).

L'âge auquel la préférence manuelle s'établit est une question cruciale. D'une part, cela permet de déterminer le rôle de l'environnement et le rôle du patrimoine génétique ; d'autre part, cela permet de comprendre si la manualité est un phénomène stable ou si elle subit des changements durant le développement (Bondi et al., 2020).

Le rôle du patrimoine génétique est difficilement dissociable du rôle de l'environnement (Fagard et al., 2004). Diverses influences environnementales ont été soulignées (les pressions sociales explicites et implicites, l'environnement utérin et périnatal, ...) qui s'ajoutent sans doute à un déterminisme génétique favorisant ou influençant la droiterie (Fagard et al., 2004). Bien que les pressions explicites (par exemple, l'obligation d'écrire de la main droite) se soient atténuées dans le monde occidental, cela ne signifie pas la fin de toute pression sociale implicite (McManus, 2002). En effet, l'imitation des personnes droitières ou les contraintes

d'utilisation des objets conçus pour les droitiers (par exemple, une paire de ciseaux, un ouvre-boîte, ...) conduisent à la droiterie chez certaines personnes au départ peu latéralisées (McManus, 2002). Des influences de l'environnement utérin sur l'émergence d'une latéralité ont également été suggérées (Grapin & Perpère, 1968). Lors de la fin de la gestation, si le fœtus a une orientation occipital-iliaque<sup>1</sup> droite, il aura plus de chance d'être peu latéralisé ou gaucher qu'un fœtus en position occipital-iliaque gauche. A la naissance, le deuxième fœtus cité aura plus tendance à tourner sa tête vers la droite, ce qui influence les asymétries précoces (Grapin & Perpère, 1968). De plus, les préférences manuelles semblent se retrouver dans les familles (Annett, 1972). La préférence manuelle des parents influence celle des enfants. Les données montrent qu'il y a une plus grande probabilité qu'un enfant dont un parent est gaucher devienne gaucher (20 %), par rapport à un enfant dont les deux parents sont droitiers (8 %) (McManus & Bryden, 1992). Toutefois, les raisons de ces résultats ne sont pas totalement élucidées, cela pourrait être expliqué par le fait que les enfants imitent leurs parents, par l'apprentissage et/ou par le patrimoine génétique (Fagard et al., 2004). Bien que des influences environnementales et génétiques jouent sur la préférence manuelle, celle-ci n'est pas stable au cours du développement (Corbetta et al., 2006). Il existe donc différents modèles de développement (Michel et al., 2006).

Certains chercheurs suggèrent qu'en comparant les observations échographiques de la succion du pouce (Hepper et al., 1991) avec la force du réflexe de préhension palmaire du nouveau-né (Tan & Tan, 1999), il est possible de prédire la préférence manuelle à l'âge adulte. Il a également été proposé que les préférences posturales du nourrisson guideraient le développement de la main (Coryell & Michel, 1978 ; Michel, 1981) : la main utilisée pour atteindre (Marschik et al., 2008) et saisir des objets (Michel et al., 2006) correspondrait à la main préférée à l'âge adulte. Une préférence manuelle pourrait donc être détectée de manière fiable à partir de six mois (Butterworth & Hopkins, 1993). D'autres chercheurs (Longoni et Orsini, 1988 ; McManus et al., 1988) suggèrent que la direction de la préférence manuelle est fixée à l'âge de trois ans et que le degré de préférence augmente entre trois et sept ans, et puis plus graduellement jusqu'à l'âge de neuf ans. Par conséquent, la préférence manuelle ne peut être évaluée de manière fiable qu'à partir de quatre ans (McManus, 2002).

---

<sup>1</sup> « Au cours des dernières semaines de gestation, le fœtus n'a plus beaucoup de place pour bouger : il est la plupart du temps retourné tête vers le bas, et se trouve en général orienté latéralement par rapport à la mère, ce qui entraîne des asymétries auditives et vestibulaires. » (Fagard et al., 2004, p.156)

Bryden et al. (2000), quant à eux, expliquent que la préférence manuelle ne peut pas être clairement observée avant six ans. Selon ces chercheurs, les enfants de trois à quatre ans ne sélectionnent pas encore de manière fiable la main préférée pour effectuer des tâches unimanuelles ; pour eux, la préférence manuelle s'établit à l'âge de six ans et continue à se renforcer avec l'âge (Bryden et al., 2000). La variabilité dans les préférences manuelles chez les jeunes enfants confirme que le développement de la préférence manuelle pendant la petite enfance est très changeant (Corbetta et al., 2006) et qu'il existe différents modèles de développement (Michel et al., 2006).

Ce manque de concordance entre les étapes de la préférence manuelle est probablement dû au fait que les chercheurs aient longtemps été en désaccord quant à la mesure des préférences manuelles. Actuellement, différents instruments sont en circulation, dont les plus utilisés sont : *le Annett Handedness Questionnaire* (Annett, 1970), *l'Edinburgh Handedness Inventory* (Oldfield, 1971) et *le Waterloo Handedness Questionnaire* (WHQ ; Steenhuis et al., 1990). Cependant, ces questionnaires sont ouverts à l'interprétation du répondant en fonction du sens des questions posées et parce qu'ils demandent aux participants de se rappeler ou de s'imaginer ce qu'ils faisaient ou feraient dans une circonstance donnée. De plus, l'évaluation de la manualité chez les enfants avec ces questionnaires posent problème car ils demandent une exigence verbale et cognitive (par exemple, différencier sa gauche et sa droite, se remémorer des actions effectuées avec telle main, ...) (Bryden et al., 2000). Néanmoins, les chercheurs ont surmonté ces obstacles de différentes manières (Scharoun & Bryden, 2014) : (1) demander aux parents ou aux instituteurs d'évaluer la préférence manuelle ; (2) demander aux enfants de réaliser chacun des items ; (3) évaluer la préférence avec des mesures de performances.

Outre les questionnaires, Bishop et al. (1996) suggèrent de distinguer les groupes de préférence des mains en fonction de la direction et du degré en utilisant le paradigme de franchissement manuel de la ligne médiane. Celui-ci présente une homogénéité, une fiabilité test-retest élevée et une corrélation avec le Waterloo Handedness Questionnaire (Doyen & Calier, 2002). Plusieurs chercheurs (Bryden et al., 2011) ont étudié ce paradigme et ont mis en évidence une augmentation graduelle, avec l'âge, de la portée de la main préférée à travers la ligne médiane. Néanmoins, le degré de préférence de la main dans le franchissement manuel de la ligne médiane n'est pas constant tout au long du développement. En effet, les

enfants de trois à cinq ans, lorsqu'ils explorent leur environnement, utilisent le plus souvent la main la plus proche de l'objet, alors que les enfants de six à dix ans utilisent leur main préférée quelle que soit la position de l'objet dans l'espace, sacrifiant la rentabilité du geste. Les adolescents et les adultes, quant à eux, apprennent à moins dépendre de leur main préférée et choisissent les mouvements les plus rentables, traversant donc moins souvent l'espace controlatéral (Bryden & Roy, 2006). Alors que la préférence de la main dirigerait les mouvements de celle-ci sur la ligne médiane et dans l'espace ipsilatéral, l'utilisation de la main non préférée dans l'espace controlatéral serait sous tendue par les biais kinesthésiques et hémisphériques. L'hypothèse kinesthésique (Gabbard & Helbig, 2004 ; Gabbard & Rabb, 2000) est basée sur l'idée que la sélection de la main dépend de la proximité de l'objet. L'hypothèse du biais hémisphérique (Hommel, 1993 ; Carnahan, 1998) soutient l'idée que l'utilisation de chaque main dans son espace controlatéral nécessiterait une communication interhémisphérique qui entraînerait une diminution de l'efficacité du mouvement. Par conséquent, avec l'âge et l'acquisition d'une habileté motrice, la complexité de la tâche diminue, permettant aux enfants plus âgés d'atteindre l'espace ipsilatéral avec la main préférée et non préférée (Scharoun & Bryden, 2014).

### 1.3. La performance manuelle

Outre la direction gauche/droite, de nombreux chercheurs se sont intéressés à la différence de performance (force, vitesse, précision) entre la main dominante et la non-dominante. Les individus utilisent leur main préférée pour la plupart des tâches motrices unimanuelles, et sont également plus compétents avec leur main préférée dans un large éventail de tâches (Roy, 1996). Des tâches particulières ont été mises au point afin d'évaluer la performance, comme *le tapotement des doigts* (« Finger tapping » ; Peters, 1980), *le déplacement d'une cheville* (« Peg moving task » ; Annett, 1970), *le remplissage de points* (« Dot-filling » ; Tapley & Bryden) ou encore *le lancer vers des cibles* (« Trowing task » ; Watson & Kimura, 1989)<sup>2</sup>. Ces tâches évaluent et quantifient la différence de performance entre les deux mains (Annett, 1985 ; Peters & Durning, 1979). Comparativement aux questionnaires évaluant la préférence manuelle, ces tâches sont moins ouvertes à l'interprétation subjective des participants. De

---

<sup>2</sup> Cf. l'annexe 1 pour une brève explication de chaque tâche.

plus, ces tâches comparent les performances des deux mains au niveau de leur force relative (Provins & Magliaro, 1993) et au niveau de leur vitesse relative (Annett, 1985).

Grâce à ces différentes tâches, Peters (1998) a constaté que les coefficients de corrélation étaient significatifs entre les préférences et les performances, ce qui indique qu'il existe une relation entre ces deux aspects. Par conséquent, les personnes ayant des préférences manuelles plus marquées présentent une différence de performance plus grande entre les deux mains que les individus dont la préférence est moins déterminée. Toutefois, la maniabilité étant un trait multidimensionnel (Corey et al., 2001), il est également nécessaire de tenir compte d'autres variables qui pourraient expliquer la différence de performance entre les mains. En effet, la force du lien entre la main préférée et les performances semblent dépendre de la tâche (De Agostini et al., 1992). Il semble que les tâches nécessitant une visée précise entraînent des différences de performance plus importantes entre les mains que les tâches moins complexes (Bryden & Roy, 2005 ; Bryden et al., 2007). Par exemple, certains chercheurs (Byrden & Roy, 2005 ; Bryden et al., 2007) montrent que les différences de performance entre les deux mains sont amplifiées dans les tâches qui exigent de l'habileté et de la précision. Ces différences disparaissent chez les enfants de dix à douze ans. Avec l'âge, les enfants voient leur performance devenir de plus en plus semblable à celle des adultes, c'est-à-dire qu'ils conservent une différence significative entre la performance de leurs deux mains, mais que celle-ci est presque négligeable (Roy et al., 2003). Ce schéma de résultats suggère que les enfants de dix-douze ans passent par une période d'affinement de la performance de leurs mains (préférée et non préférée) grâce à la pratique, à l'apprentissage (Scharoun & Bryden, 2014), mais également grâce à la maturation de la coordination de la motricité fine (Mori et al., 2007). Les tâches apprises qui exigent des niveaux élevés de précision (par exemple, la tâche de remplissage de points) ont, en fonction de l'âge, des effets significatifs sur les différences de performance entre les mains. En revanche, les tâches moins complexes et pas nécessairement apprises (par exemple, le tapotement des doigts) ne montrent pas de différence significative entre les deux mains (Scharoun & Bryden, 2014).

En ce qui concerne la force, la différence de performance entre les deux mains répond à la règle des 10 % en faveur de la main préférée (Petersen et al., 1989). Il a démontré que cette règle ne s'applique qu'aux droitiers en âge de développement (Hepping et al., 2015). En effet, pour les enfants gauchers, la différence de force entre les deux mains est plus faible.

L'asymétrie fonctionnelle serait donc plus évidente chez les droitiers (McGrath & Kantak, 2016) et ce, dépendamment de la tâche et de l'âge de la personne (Marinsek, 2016 ; Bondi et al., 2020). De plus, au niveau du contrôle moteur, des différences dans le réseau sensorimoteur cortical, lors de l'exécution de tâches motrices avec les deux mains, seraient également constatées de manière plus évidente chez les droitiers (Moulton et al., 2017). Sur base de ces résultats, la latéralisation fonctionnelle serait plus prononcée chez les droitiers en développement effectuant des tâches manuelles dirigées par la force ou par la motricité fine complexe. La force manuelle et la motricité fine manuelle suivent des trajectoires de développement similaires tout au long de la scolarité primaire (Bondi et al., 2020).

#### 1.4. Conclusion

La latéralité manuelle est un phénomène complexe répondant à des facteurs génétiques, environnementaux et développementaux. Au cours des dernières décennies, les chercheurs ont montré que les jeunes enfants ne sélectionnent pas de manière fiable leur main préférée pour effectuer des tâches unimanuelles. De plus, les jeunes enfants présentent des différences de performance manuelle entre leurs deux mains. Toutefois, grâce à l'expérience et à la maturation du cerveau, cette différence tend à s'estomper avec l'âge (Mori et al., 2007). Un débat subsiste néanmoins quant à l'âge auquel la préférence et les performances manuelles peuvent être considérées comme pleinement développées (Scharoun & Bryden, 2014). Ce manque de consensus serait certainement dû au fait que l'utilisation de l'une des deux mains et la différence de performance entre celles-ci dépendent du degré de familiarité avec la tâche, du niveau de difficulté et du niveau de précision demandé (Fagard, 2004).

## 2. L'apprentissage de l'écriture

### 2.1. Introduction

Afin de mieux comprendre l'écriture en miroir, il est important d'aborder l'apprentissage de l'écriture en général chez les enfants. L'écriture est un phénomène culturel dont l'apprentissage est long et complexe mobilisant plusieurs compétences : sensorimotrices, attentionnelles, cognitives et linguistiques (Viviani, 1994 ; Zesiger, 1995).



Lorsque les scripteurs expérimentés utilisent leur main dominante, l'écriture leur paraît facile et naturelle car ils ont acquis une automatisation des gestes. Cependant, s'ils utilisent leur main non-dominante, ils vont prendre conscience que toutes les compétences citées ci-dessus sont mobilisées et que la tâche n'est pas aussi aisée. En effet, cet exercice va exiger une attention soutenue qui amènera un sentiment de fatigue, leur regard sera focalisé sur leur écriture et la production de celle-ci ralentira et s'agrandira (Bara & Gentaz, 2010).

## 2.2.Du dessin à l'écriture

Au départ, les jeunes enfants ont tendance à associer, voire confondre, dessin et écriture, mais, au fur et à mesure de leur développement, ces deux processus se spécialisent (Ferreiro, 2000 ; Levin & Bus, 2003 ; Zesiger, 2003).

En effet, les jeunes enfants sont fréquemment confrontés à différents systèmes de représentation graphique (dessins, lettres et chiffres) dans les mêmes contextes, par exemple, lors de la lecture de livres illustrés. De plus, l'écriture émerge à partir des premiers gribouillages se transformant progressivement en formes rudimentaires, puis de plus en plus complexes, à mesure que les enfants maîtrisent leur graphisme et parviennent à reproduire des modèles (Lurçat, 1983).

L'apprentissage des premières lettres se fait lors d'exercices de copie, les tout jeunes enfants n'ayant pas encore acquis les représentations visuelles et motrices des lettres. Cette tâche de copie est donc très similaire à celle du dessin (Noyer, 2005). Au fur et à mesure de la scolarisation, les enfants vont devoir apprendre à distinguer les deux tâches et comprendre que, même si le dessin et l'écriture sont basés sur des mouvements organisés employés pour produire des formes porteuses de sens, l'écriture se distingue du dessin par le fait que les lettres ne représentent pas la forme de l'objet auquel elles se rapportent. L'apprentissage de l'écriture implique d'abord que les enfants dissocient l'écriture du dessin (Noyer, 2005).

Les études menées par Anderson et al. (1990) sur des adultes ont permis de montrer que la production des différentes représentations graphiques fait appel à des habiletés différentes. Lors du dessin, il existe plusieurs façon de produire une forme (lentement ou rapidement, de façon fluide ou par à-coups). Il n'existe pas de règle spécifique quant à la méthode à utiliser et c'est au dessinateur de choisir. Cependant, il n'en est pas de même pour l'écriture, celle-ci se doit d'être fluide et organisée selon des mouvements prédéfinis. En effet, l'écriture est

contrôlée par la forme des lettres ainsi que leurs informations relatives (taille, orientation) stockées en mémoire (Wolpert et al., 1995). En outre, l'écriture est dominée par les représentations internes des lettres alors que le dessin n'a aucune contrainte de production. Le dessin serait composé grâce à des systèmes neuronaux qui conduisent le mouvement libre (Zesiger et al., 1997). Enfin, les contextes dans lesquels l'écriture et le dessin sont produits sont différents (Anderson et al., 1990) ; un contexte décontracté marque le dessin alors qu'il est plus sérieux pour l'écriture.

L'écriture et le dessin coexisteraient paisiblement chez l'adulte car, l'un n'influence pas l'autre (Adji-Japha et Freeman, 2001). Par contre, au cours de l'apprentissage de l'écriture, les jeunes enfants ont besoin de différencier les deux représentations graphiques afin que le dessin ne gêne pas les gestes contribuant à l'écriture. Les enfants doivent donc inhiber leurs compétences en dessin afin que l'écriture puisse évoluer (Adji-Japha et Freeman, 2001). Avant l'âge de deux ans, les enfants ne différencient pas leurs productions graphiques en fonction des représentations (dessins, lettres, chiffres). À partir de deux ans, l'écriture et le dessin commencent à se démarquer : les traits sont courts et linéaire pour l'écriture alors qu'ils sont courbés et souvent colorés pour le dessin. À partir de trois ans, les enfants reconnaissent les deux systèmes graphiques (dessin et écriture) et sont conscients de leurs différences. Toutefois, ils utilisent spontanément le dessin pour communiquer du sens, ne parvenant pas encore à le faire par l'écriture (Levin & Bus, 2003). Dans une étude menée sur des enfants de trois à six ans, Gombert et Fayol (1992) ont montré que, pour représenter un mot, les plus jeunes enfants choisiront le dessin alors que les plus âgés opteront pour l'écriture. Adji-Japha et Freeman (2001) ont suggéré que la distinction entre les systèmes de l'écriture et du dessin se ferait vers six ans. À cet âge clé, l'écriture serait plus fluide et plus rapide que le dessin en raison du traitement plus automatique de l'écriture. De plus, l'écriture fluide ne nécessitant plus réellement l'inhibition du dessin, ces deux processus coexisteraient alors paisiblement entre eux comme chez l'adulte. Ainsi, les compétences d'inhibition diminuent avec l'expérience et l'âge.

Il existe également des règles de production motrice qui seront plus largement discutées dans un point ultérieur. Il est néanmoins intéressant de noter que l'influence entre l'écriture et le dessin peuvent s'observer à travers ces règles. Pour produire leurs premières lettres, les enfants ont recours aux règles de production motrice qu'ils ont déjà employées lors de leurs

productions picturales (Ninio et Lieblisch, 1976). Cependant, en apprenant à écrire, les enfants vont devoir transformer ces règles, ce qui aura des conséquences sur leurs dessins. Les jeunes enfants dessinent, par exemple, des cercles dans le sens des aiguilles d'une montre, alors que les enfants plus âgés préfèrent l'autre sens (Meulenbroek et al., 1993 ; Thomassen & Teulings, 1979). Cette différence d'orientation serait la conséquence de l'apprentissage de l'écriture, car cette modification n'a pas été retrouvée chez les enfants qui apprennent l'hébreu par exemple et qui écrivent de droite à gauche (Goodnow & Levine, 1973).

Au fur et à mesure de l'apprentissage de l'écriture, celle-ci se distingue du dessin, elle devient linéaire et se définit par des unités distinctes. Cependant, les enfants n'ont pas encore conscience que l'écriture représente le langage oral (Buckwalker & Gloria Lo, 2002), ils vont donc utiliser des dessins ou des caractéristiques graphiques propres au dessin (quantité et taille des unités, couleur) pour communiquer du sens. Cela révèle que les enfants ont difficile de se détacher des caractéristiques du dessin qu'ils connaissent et maîtrisent. Par exemple, ils produisent plus de lettres lorsqu'ils écrivent le nom d'un grand objet que quand ils écrivent le nom d'un petit objet (Noyer & Baldy, 2002). Parallèlement, les enfants réalisent que les signes graphiques ont un rapport avec le langage oral, les signes peuvent être associés à des sons. Ils acquièrent alors les règles de codage phonographique (Noyer & Baldy, 2002).

### 2.3.L'écriture

L'écriture, issue du dessin, présente des points communs avec celui-ci. L'écriture est avant tout un acte moteur, elle inclut des articulations proximales (l'épaule et le coude) et des articulations distales (le poignet et la main). Les premières, entraînant des écritures à forte amplitude, arrivent à maturation plus précocement que les secondes. Les jeunes enfants ont donc tendance à produire plus facilement des écritures de grandes tailles (Chartrel & Vinter, 2004). Il est important que ces deux types d'articulations, proximales et distales, coopèrent car elles ont des rôles différents dans la réalisation de l'écriture. Les articulations proximales sont régulatrices des composantes topocinétiques de l'écriture, à savoir les différents déplacements dans l'espace graphique (espace entre les mots, retour à la ligne, ...). Les articulations distales interviennent dans l'écriture de taille réduite, notamment dans le contrôle des composantes morphocinétiques, à savoir des différents déplacements qui permettent de produire les formes de chaque lettre. Il convient que les enfants acquièrent un

ensemble de topocinèses (programmes moteurs responsables de l'agencement spatial des caractères) et de morphocinèses (programmes moteurs responsables de la production de la forme des lettres). Les topocinèses seront plus rapidement maîtrisées que les morphocinèses, car elles sont dirigées par les articulations proximales qui se développent plus rapidement que les articulations distales à l'origine des morphocinèses. Les enfants respecteront donc plus rapidement les limites graphiques que la forme des lettres (Chartrel & Vinter, 2004 ; Paillard, 1991).

En 1983, Luçat a décrit trois niveaux dans l'acquisition de l'écriture :

1. Le niveau moteur où les enfants vont d'abord tenir leur crayon à pleine main pour taper sur la feuille. Ensuite, entre vingt et vingt-quatre mois, ils vont s'intéresser à la trace, les articulations proximales sont privilégiées, les mouvements sont rapides et impulsifs produisant des tracés continus de forte amplitude. A la fin de ce niveau, grâce à l'organisation de certaines topocinèses (mouvements plus contrôlés et de plus faibles amplitudes), les enfants arrivent à contrôler leurs gestes et à ne plus déborder de l'espace graphique. En outre, les jeunes enfants commencent à articuler leurs gestes afin de produire des tracés circulaires.
2. Le niveau perceptif où les articulations distales interviennent petit à petit entraînant, entre deux et trois ans, une diminution de la taille des tracés et une émergence de courbes. À la fin de ce niveau, le mouvement se ralentit et un contrôle visuel du geste se met en place : l'œil dicte à la main où elle doit aller et comment s'y rendre.
3. Le niveau représentationnel apparaît entre trois et six ans grâce à une intensification du contrôle visuel et un ralentissement du mouvement. La fonction symbolique intervient alors dans l'activité graphique. Ce niveau va rendre possible l'émergence de morphocinèses (la coordination main-poignet permettant de réaliser une boucle, une spirale, ...), créant un répertoire de graphiques primitifs chez les enfants qu'ils pourront utiliser lorsqu'ils produiront des lettres.

Contrairement au dessin, l'écriture exige une direction qui nécessite l'apprentissage de la trajectoire. Le mouvement de l'écriture se compose de : (1) la **rotation** correspondant au sens

qui peut être positif ou négatif<sup>3</sup> ; (2) la **translation** correspondant à la direction vers la droite ou vers la gauche (Lurçat, 1983). Le sens (notion locale) et la direction (notion globale) font référence à des schèmes moteurs distincts, le tracé possédant un sens en chaque point alors que la direction constituant la direction générale du tracé. Un tracé peut être dirigé vers la droite, tout en ayant des retours locaux vers la gauche. Entre quatre et cinq ans, les enfants, lorsqu'ils copient des lettres, font face à un conflit entre la réalisation de la forme et la trajectoire associée (Chartrel & Vinter, 2004). Face à ce conflit, les enfants préféreront la forme, qu'ils vont copier correctement, au détriment de la trajectoire associée. Les erreurs (omissions, répétitions, inversions) sont nombreuses et peuvent être expliquées par le fait que les enfants ont recours au contrôle visuel baladant leurs yeux à plusieurs reprises sur le modèle, leur main et leur production.

#### 2.4.L'amélioration de l'écriture

Pour tracer une lettre, les enfants doivent avoir, au préalable, stocké en mémoire une représentation de la lettre qu'ils récupéreront lors de son écriture. Ensuite, ils doivent accéder aux programmes moteurs qui comprennent des informations pour produire cette lettre et définir les paramètres (forme, taille) de ces programmes. Enfin, ils doivent envoyer les instructions neuromusculaires et la force nécessaire aux muscles utilisés pour produire cette lettre (Bara & Gentaz, 2010).

L'écriture des enfants évolue sur le plan qualitatif. Entre cinq et six ans, les lettres produites par les enfants sont cabossées, les courbures sont inappropriées, le tracé est incertain et les lettres sont trop grandes ou manquent de cohésion entre leurs différentes parties. L'apprentissage en classe et la maturation du système moteur permettent des gestes plus fins nécessaires à la formation des lettres ; les formes des lettres deviennent alors mieux élaborées et la lisibilité s'améliore (Auzias & Ajuriaguerra, 1986).

À force de pratiquer, l'écriture des enfants se perfectionne également sur le plan quantitatif, les enfants écrivent plus rapidement. Cette plus-value s'explique par l'automatisation de l'écriture. Au début de l'apprentissage, les enfants utilisent un feedback sensoriel (visuel,

---

<sup>3</sup> Certaines lettres n'ont qu'un sens (par exemple, a, e, m), mais d'autres, comme y, sont mixtes contenant un sens positif et un sens négatif. Le sens positif fait référence au sens inverse des aiguilles d'une montre et le sens négatif au sens des aiguilles d'une montre (Lurçat, 1983)

kinesthésique, proprioceptif) issu de leurs propres mouvements qui doivent être lents afin que les informations sensorielles soient recueillies et utilisées (Chartrel & Vinter, 2004). Le fait de renforcer, pendant l'apprentissage, les liens entre les capacités perceptives et la mémoire motrice devrait permettre d'améliorer la mémorisation des lettres et leur production écrite.

De plus, en automatisant l'écriture, les enfants passent du mode de contrôle des mouvements rétroactifs à un mode de contrôle proactif basé sur une représentation interne de l'acte moteur. L'automatisation motrice permet de produire des programmes moteurs indépendamment de la présence d'informations sensorielles sur le mouvement (Chartrel & Vinter, 2004). Cette nouvelle méthode de contrôle libère les ressources attentionnelles et cognitives des enfants et permet de les diriger vers d'autres domaines, comme la construction de textes, dans le respect des règles orthographiques et grammaticales (Bara & Gentaz, 2010).

## 2.5. Conclusion

Au début de l'apprentissage de l'écriture, les enfants rencontrent deux systèmes graphiques différents, le dessin et l'écriture. Petit à petit, les deux systèmes se différencient au niveau de la production et de la classification. Ce n'est qu'à l'âge d'environ six ans, que les enfants produisent l'écriture de manière différenciée du dessin.

Lorsque l'enfant est face à ce nouvel apprentissage (de l'écriture), il doit d'abord acquérir une représentation visuelle des lettres et les capacités motrices nécessaires à la réalisation du tracé des lettres. Peu à peu, à force de s'exercer, l'enfant apprendra à maîtriser le geste moteur et l'écriture s'automatisera. Cette automatisation de l'écriture libérera les ressources attentionnelles de l'enfant qui serviront à d'autres aspects de la production de l'écriture (Bara & Gentaz, 2006 ; Vinter & Zesiger, 2008). En effet, Fayol et Mirel (2005) ont montré que les enfants qui ont de bonnes performances en graphisme sont plus performants en orthographe que les enfants ayant de faibles performances. Ces derniers, n'ayant pas encore totalement automatisé l'écriture, n'ont pas assez de ressources attentionnelles pour se concentrer sur l'orthographe.

### 3. L'écriture en miroir

#### 3.1. Les idées reçues

En introduisant le terme « écriture en miroir » dans la littérature scientifique en 1878, Alfred Buchwald a éveillé la curiosité des scientifiques, ce qui a engendré des explications incomplètes voire parfois trompeuses.

Au XX<sup>e</sup> siècle, on expliquait principalement le phénomène de l'écriture en miroir par la gaucherie. La question de la manualité était primordiale pour expliquer l'écriture en miroir, les chercheurs de l'époque concluant très vite que l'écriture en miroir ne concernait que les sujets gauchers. Ainsi, durant le siècle dernier, les phrases suivantes étaient couramment entendues : « *l'écriture en miroir est associée au fait d'être gaucher* » (Gordon, 1921, p. 340, cité par Fischer, 2011b) ; « *l'écriture en miroir est aussi normale pour les personnes gauchères que l'est l'écriture conventionnelle pour les personnes droitières* » (Blom, 1928, p.591, cité par Fischer, 2011b) ; « *l'inversion gauche-droite dans l'écriture manuelle est une réponse normale chez la personne gauchère* » (Hildreth, 1950, p.511, cité par Fischer, 2011b) ou encore « *les jeunes écoliers qui produisent spontanément des écritures en miroir sont généralement gauchers* » (Lebrun, 1990, p.178, cité par Fischer, 2011b). L'hypothèse de la gaucherie a longtemps été privilégiée, certaines études empiriques montrant que les sujets droitiers ne produisaient pas d'écriture en miroir.

L'explication des **mouvements abductifs** (qui s'écartent de l'axe du corps) est venue renforcer l'hypothèse selon laquelle l'écriture en miroir toucherait principalement les enfants gauchers. En effet, ces mouvements sont plus faciles à réaliser pour les gauchers que les **mouvements adductifs** (qui se rapprochent de l'axe du corps). Les gauchers auraient donc plus de facilité à écrire vers la gauche que vers la droite. Dès lors, si un gaucher produit une écriture abductive, il aura davantage tendance à inverser des lettres. À la suite de cet argument, les neuropsychologues allemands, au début du XX<sup>e</sup> siècle, ont utilisé le terme « écriture abductive » pour désigner l'écriture en miroir des enfants gauchers (Erlenmeyer, 1879 ; Tankle et Heilman, 1983).

En plus des gauchers, d'autres populations, telles que les élèves en difficultés, les sourds-muets, les aveugles, les déficients mentaux, les élèves ayant un développement intellectuel

plus lent ou ayant des difficultés d'orientation, ont fréquemment été associées à l'écriture en miroir (Gordon, 1921 ; Lebrun, 1990 ; Orton, 1925).

Aujourd'hui, certains parents/tuteurs et enseignants s'inquiètent encore, car ils y voient une manifestation annonciatrice d'une dyslexie, d'une dyscalculie ou d'une dysorthographe. Des parents/tuteurs peuvent également penser erronément que l'écriture en miroir est une maladie de la modernité due à l'utilisation de la tablette numérique, or ce phénomène existe depuis plus de cent cinquante ans, comme nous allons le voir (Fischer, 2012).

Les premiers stades de l'acquisition de l'écriture sont souvent caractérisés par des productions en miroir (Schott, 2007). Bien que quelques exemples célèbres d'adultes, comme Léonard de Vinci et Lewis Carroll, écrivent délibérément en miroir (Schott, 1999), cette activité est, pour la plupart des individus, une tâche non naturelle et exigeante sur le plan cognitif. Compte tenu de ce fait, il est fascinant de constater que la plupart des enfants ont tendance à inverser les mots, les lettres et/ou les chiffres à un moment de leur développement (Cornell, 1985). La partie suivante permet de regrouper les différentes théories concernant le phénomène de l'écriture en miroir chez les jeunes enfants.

### 3.2. Les modèles neuropsychologiques

Depuis près d'un siècle, des explications neuropsychologiques ont été développées.

La théorie ancienne d'Orton (1925), développée pour expliquer la dyslexie – dont l'écriture en miroir était considérée comme une composante de base –, postule deux représentations cérébrales des lettres : l'une authentique dans l'hémisphère gauche et l'autre en miroir dans l'hémisphère droit. En effet, il y a une symétrie entre les deux hémisphères qui implique que le stimulus visuel dans l'hémisphère droit soit exactement le reflet en miroir de celui de l'hémisphère gauche. En 1925, Orton (cité par Fischer, 2010a) explique que « *cette irradiation dans les aires visuelles du cortex associatif de l'hémisphère droit (non dominant) y forme un enregistrement mnémonique* ». Par conséquent, le stockage en mémoire des images des lettres et des mots se forme dans les deux hémisphères. De plus, Orton précise que « *tout pointe vers l'existence dans le cerveau d'un enregistrement mnémonique en miroir qui sert de pattern aux expressions motrices* » (cité par Fischer, 2010a).



En 1928, Orton précise que les engrammes<sup>4</sup> en miroir sont normalement supprimés, sauf si la dominance de l'hémisphère n'est pas encore réellement établie (comme chez les jeunes enfants) ou si les mécanismes, entraînés par cette suppression, subissent des dommages (comme chez les adultes ayant subi des lésions cérébrales). La dominance hémisphérique n'étant pas encore véritablement établie chez les jeunes enfants, les deux hémisphères sont en concurrence l'un avec l'autre et les engrammes inversés interfèrent avec les engrammes corrects et stockés dans l'autre moitié du cerveau. L'enchevêtrement des représentations internes des lettres engendrerait donc l'écriture en miroir avec les mains dominantes et non dominantes. Cette théorie a favorisé l'émergence du concept de l'écriture en miroir dans la littérature neuropsychologique. Cependant, elle est étonnante et déconcertante puisque les enfants écriraient en miroir des lettres et des chiffres qu'ils n'ont pas encore mémorisés ; les deux types d'engrammes peuvent donc difficilement interférer vu qu'ils n'ont pas encore de trace des lettres et des chiffres en mémoire (Fischer, 2010a).

Corballis et Beale (1976), comme Orton en 1925, ont souligné que l'écriture en miroir se rapporte à un mécanisme mnésique et non à un mécanisme perceptif. Ils ont cependant essayé de remédier à un des points faibles de la théorie d'Orton, c'est-à-dire l'explication de la représentation en mémoire par une simple argumentation géométrique. Ils ont observé que si un neurone d'un hémisphère cérébral répond maximalement à une ligne oblique à 45°, son neurone homologue dans l'autre hémisphère répondra maximalement à une ligne oblique à 135° (Corballis & Beale, 1976). Fischer (2010a) a adapté cette explication à la lettre Z qui est composée d'un trait oblique à environ +45° ; un neurone d'un hémisphère cérébral répondra maximalement à ce trait alors que son neurone homologue se situant dans l'autre hémisphère détectera une ligne à +135°.

Néanmoins, Corballis et Beale (1976) n'écartent pas l'idée qu'il existe une représentation exacte d'une image dans l'un des hémisphères et la représentation en miroir dans l'autre. Ils soulignent que si l'hémisphère dominant enregistre les caractères avec la bonne orientation et que l'hémisphère non dominant les enregistre dans une orientation inversée, chaque fois que l'hémisphère dominant est inactivé, des phénomènes d'écriture en miroir devraient

---

<sup>4</sup> « Trace mémorielle enregistrée par le cerveau » (le dictionnaire Le Robert. (n.d.) <https://dictionnaire.lerobert.com/definition/engramme>). Dans ce contexte, ce sont les traces mémorielles de la formation des lettres.

apparaître, or ce n'est pas le cas. Corballis et Beale (1976), a contrario d'Orton (1925), postulent que chaque hémisphère contient une représentation exacte de l'image et sa représentation en miroir. D'après eux, cette représentation mémorisée et symétrisée serait rendue possible par un transfert homotopique<sup>5</sup> entre les hémisphères. Ce transfert permettrait de stocker en mémoire des formes exactes et en miroir des caractères afin de généraliser les différents points de vue des objets.

Corballis et Beale (1976) justifient ce processus de généralisation par symétrisation par un raisonnement évolutionniste : pour se maintenir en vie, nos prédécesseurs se devaient de distinguer, par exemple, le profil droit d'un tigre, qu'ils avaient auparavant aperçu, de son profil gauche. Le fait de ne pas tenir compte de l'orientation était adaptatif, car cela permettait de se focaliser sur la forme générale. Si on prend l'exemple d'un nourrisson, qu'il sache percevoir le profil gauche ou droit de sa mère n'a pas d'importance, mais c'est essentiel qu'il sache distinguer la tête des pieds de sa mère. Il est vrai que très peu d'objets ou d'actions ont une orientation horizontale invariable, ce qui amène le cerveau à ignorer l'orientation spécifique dans laquelle ils sont aperçus et de se concentrer sur la forme globale. Bien que ce processus de symétrisation soit adaptatif, la généralisation de l'image en miroir des lettres et des chiffres est préjudiciable à l'apprentissage de leur écriture. En effet, les lettres et les chiffres, bien qu'ils soient soumis à une généralisation en miroir, ont une orientation essentielle à leur identité et les enfants doivent s'en rendre compte pour ne pas écrire en miroir (Fischer, 2011b).

Ces auteurs affirment que l'écriture en miroir est une étape normale dans l'apprentissage de l'alphabétisation et se situe entre l'apprentissage des formes des lettres et l'apprentissage de leur orientation. En effet, les enfants, en écrivant sous dictée, récupèrent les indications de la forme stockée en mémoire, mais pas l'orientation, produisant ainsi des écritures respectant seulement la forme. De plus, en tenant compte de la spécificité de la généralisation en miroir, nous rencontrerons plus souvent des enfants qui produiront une écriture en miroir par rapport à un axe vertical au plan que des enfants qui en produiront une par rapport à un axe de symétrie horizontal au plan. La Figure 1 illustre l'écriture en miroir des chiffres par rapport à ces deux axes. Les neurones inférotemporaux semblent généraliser spontanément la symétrie

---

<sup>5</sup> Un transfert homotopique désigne un transfert d'une information, d'un point symétrique à l'autre, dans chacun des deux hémisphères (Desjardins, 2006)

gauche-droite, préférant le même objet qu'il soit orienté vers la gauche ou vers la droite (Rollenhagen & Olsen, 2000). Afin de dépasser cette étape intermédiaire, les enfants doivent désapprendre la généralisation automatique en miroir des chiffres et des lettres (Corballis & Beale, 1976 ; Dehaene, 2010 ; Pegado et al., 2011).

Miroir	chiffres en police Crayon (modifiée)							
aucun	1	2	3	4	5	6	7	9
horizontal	└	2	8	└	2	6	7	9
vertical	└	2	3	└	2	6	7	9

Figure 1. Illustration de l'écriture en miroir des chiffres par rapport aux axes verticaux et horizontaux. Extrait de « Vers une levée du mystère des écritures en miroir (des chiffres) chez l'enfant » par J.-P. Fischer, 2010, L'année Psychologique, 110(2), 227-251.

Dehaene (2007) réfute la théorie d'Orton, mais ne contredit pas complètement celle de Corballis et Beale. Dehaene (2007) propose, dans sa théorie du « recyclage neuronal », que les neurones impliqués dans la lecture ne sont pas assignés à cette fonction au départ et ont donc dû être recyclés. Ces neurones inférotemporaux, développés à d'autres fins, mais dont les propriétés initiales sont suffisamment proches de la fonction cible et dont la plasticité est suffisante, pourront répondre à cette nouvelle tâche, à savoir la lecture (Dehaene, 2009 ; Dehaene et Cohen, 2007). Ce recyclage réclame un désapprentissage de la généralisation en miroir afin que les enfants puissent distinguer une lettre et son miroir. D'après Dehaene (2007), les informations sur l'orientation spatiale des lettres sont d'abord obtenues par la voie dorsale du traitement visuel. Ensuite, le système ventral (appelé « *aire de la forme visuelle des mots* ») attribue des détecteurs neuronaux spécialisés qui ne généralisent plus les lettres en miroir. En effet, Pegado et al. (2011) ont démontré que cette aire (située dans le sillon occipito-temporal gauche) différencie l'orientation gauche-droite des lettres minuscules et permet aux lecteurs compétents de reconnaître l'identité d'une lettre en miroir. Cette aire est connue pour s'accommoder aux stimuli orthographiques lors de l'acquisition de la lecture (Cohen et al., 2000 ; Dehaene, 2009 ; Nakamura et al., 2005) et serait donc à la base de la perte de la généralisation en miroir qui se produit chez les jeunes enfants afin qu'ils puissent lire efficacement.

Della Sala et Cubelli (2007, 2009) suggèrent que les programmes moteurs pour l'écriture des lettres et des chiffres renferment une information sur la forme, mais pas sur la direction des

gestes moteurs, soit parce qu'elle n'a pas encore été apprise complètement, soit à cause d'une lésion cérébrale. En effet, l'écriture en miroir involontaire concernerait les jeunes enfants, mais également les patients qui ont perdu, à la suite d'une lésion cérébrale, la direction de l'écriture qui était précédemment acquise. Ils suggèrent donc que l'orientation d'une action d'écriture soit apprise plus tard que sa forme générale, mais qu'elle serait également représentée distinctement de la forme et plus facilement dommageable. Le système cognitif directionnel de l'enfant est supposé dichotomique avant l'apprentissage de l'écriture afin de permettre l'apprentissage d'une écriture orientée vers la droite ou vers la gauche, cela dégage une production de lettres ou chiffres asymétriques orientés aléatoirement. En effet, les enfants de cinq ans apprécient comme équivalentes les deux orientations de la forme et les deux orientations d'action. Selon Della Sala et Cubelli (2007), l'écriture en miroir ferait partie d'un « *déficit général relatif à toutes les tâches exigeant l'apprentissage d'une direction motrice spécifique* ». Ainsi, ils soumettent le terme « *apraxie directionnelle* » pour désigner l'absence d'information directionnelle pertinente pour l'écriture.

En 1935, Lévy avait déjà proposé une idée similaire. Selon lui, lorsque les enfants commencent à écrire, ils se soucient de respecter la forme des caractères. La structure générale du chiffre 3, par exemple, est constitué de deux arcs assemblés l'un à l'autre à une extrémité. Ainsi, les enfants savent que pour former le chiffre 3, ils doivent répéter le même geste moteur pour former deux demi-cercles, l'un à la suite de l'autre. Cependant, si la direction de leur geste est dans le sens inverse de celui normalement prévu pour former le chiffre 3, l'orientation de ce caractère sera alors inversée (Lévy, 1935).

Une fois que les connaissances de la direction de l'écriture se stabiliseront par l'expérience et l'exercice, les enfants ne seront plus sujets à l'écriture en miroir. L'apprentissage d'une direction d'écriture reviendrait donc à éliminer l'alternative non désirée plutôt que d'en acquérir une nouvelle. La théorie de Della Sala et Cubelli (2007, 2009) ne conçoit que les aspects moteurs de l'écriture, mais ne considère pas la composante visuelle de celle-ci, car ils n'ont pas trouvé, chez les enfants, de relation entre l'écriture en miroir et les performances dans les tâches de perception et d'orientation. Cependant, selon Chartrel et Vinter (2004), une explication essentiellement motrice est inadéquate pour les jeunes enfants. Lorsque les enfants apprennent à écrire, n'ayant pas encore acquis de gestes moteurs automatisés, ils utilisent toutes les informations pertinentes, qu'elles soient visuelles, kinesthésiques ou

proprioceptives (Chartrel & Vinter, 2004). Les informations visuelles semblent jouer un rôle considérable, car les enfants apprennent à écrire leur nom et l'alphabet en copiant des modèles que les enseignants et/ou leurs parents/tuteurs leur proposent. Au début du processus d'apprentissage de l'écriture, le contrôle visuel est très important et diminue graduellement afin de laisser place à un contrôle plus automatique et à un équilibre entre le contrôle visuel et le contrôle proprioceptif (Danna & Velay, 2015).

L'hypothèse du « recyclage neuronal » basée sur la vision (Dehaene, 2007) et l'hypothèse de l'« apraxie directionnelle » basée sur la motricité (Della Sala et Cubelli, 2009) s'accordent sur l'idée qu'il existe une période développementale au cours de laquelle les enfants âgés de cinq à six ans connaissent la forme des lettres et des chiffres, mais ignorent explicitement dans quelle direction ils sont orientés. Ces chercheurs supposent donc que les jeunes enfants improvisent l'orientation des chiffres et des lettres.

Une hypothèse complémentaire des théories neuropsychologiques a été élaborée par Fischer (2010a). En effet, il émet l'hypothèse que, durant la période de développement pendant laquelle les enfants connaissent la forme des lettres mais pas leur direction, ils utilisent leurs connaissances implicites<sup>6</sup> pour choisir la direction de celles-ci. Cette hypothèse diffère de celle de Della Sala et Cubelli (2009) et de Dehaene (2007) qui pensaient que les enfants accordaient aléatoirement une orientation aux lettres. Les enfants auraient donc une connaissance implicite de la direction de l'écriture, celle-ci pouvant être incorrecte.

Fischer (2010a) suggère qu'étant donné que la majorité des lettres majuscules sont orientées vers la droite, les enfants apprennent par généralisation que les lettres sont orientées vers la droite. En effet, les lettres asymétriques ont généralement leurs traits distinctifs orientés vers la droite du trait vertical (B, D, E, F, K, L, N, P, R) ou sont ouvertes vers la droite (C, G). Ce raisonnement est incorrect pour certaines lettres, par exemple les lettres J et Z, et pour la majorité des chiffres (1, 2, 3, 7, 9), et conduit les enfants à produire l'écriture en miroir. Plusieurs études ont confirmé cette inversion disproportionnée des caractères (des lettres majuscules et minuscules et des chiffres) tournés vers la gauche (Fischer, 2011b, 2017a, 2017b ; Fischer & Koch, 2016b ; Fischer & Tazouti, 2012 ; Treiman et al., 2014 ; Treiman & Kessler, 2011). Certains chercheurs ont observé qu'il existe deux lettres dont le trait distinctif

---

<sup>6</sup> Le terme « connaissances implicites » renvoie à la littérature scientifique et est expliqué au paragraphe suivant.

n'est ni d'un côté de l'axe vertical ni de l'autre, par exemple le S et le Z, et ils partagent l'idée que le premier est orienté vers la droite et le second vers la gauche. Cependant, pour ces deux lettres, la règle n'est pas pertinente et l'orientation se fera donc au hasard (Fischer, 2017b ; Treiman et al., 2014). D'autres facteurs pourraient influencer la probabilité d'erreurs. Treiman et Kessler (2011) ont examiné la fréquence des lettres et ont remarqué que les lettres J et Z, bien qu'elles soient tournées vers la gauche, sont également peu fréquentes, ce qui pourrait expliquer la grande prévalence de l'écriture en miroir de ces lettres.

Dans les écritures orientées de gauche à droite, les enfants appliquent implicitement la règle d'écriture à droite et inversent donc plus fréquemment les caractères orientés vers la gauche, lorsqu'ils écrivent de mémoire (1, 2, 3, 7, 9, J et Z), afin que leur orientation coïncide avec le sens de l'écriture (Brennan, 2012 ; Fischer & Koch, 2014 ; Fischer & Tazouti, 2012 ; Treiman, et al., 2014 ; Treiman & Kessler, 2011).

La règle implicite de l'écriture à droite serait influencée par la dynamique et la direction de l'écriture dans l'environnement culturel dans lequel les enfants apprennent à écrire. En outre, la dynamique de l'écriture pourrait expliquer certaines inversions. Par exemple, puisque les enfants ont appris à dessiner les cercles dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, leur apprentissage va être généralisé aux chiffres 2, 3 et 9, ce qui pourrait conduire à leur écriture en miroir. Les chiffres 6 et 5 ne seront pas inversés si les enfants commencent leur production par le haut. Cependant, l'observation directe d'enfants en train d'écrire montre qu'ils ont tendance à commencer à écrire certains chiffres par le bas, par exemple les chiffres 1 et 7. Les enfants commencent par un trait vertical de bas en haut et, ensuite, appliquent la règle de l'écriture à droite, orientant ainsi les chiffres vers la droite (Fischer, 2010b). La direction de l'écriture jouerait également un rôle clé dans l'écriture en miroir, ce qui signifie que la connaissance implicite n'est pas tant que les lettres soient orientées vers la droite, mais qu'elles soient tournées dans le sens de l'écriture. Par exemple, en écrivant correctement les lettres C, G ou Q, le scripteur est bien placé pour écrire la lettre suivante à droite (Fischer, 2017b).

En 2016, Fischer et Koch font l'hypothèse que la règle implicite d'écriture à droite pourrait être considérée plus généralement comme une règle d'orientation dans le sens de l'écriture. En effet, lorsque les enfants écrivent de droite à gauche, ils inversent principalement les lettres orientées vers la droite. Cette hypothèse sur l'influence de la direction de l'écriture semble

mettre de côté l'orientation individuelle des caractères, car les lettres les plus fréquemment écrites en miroir lors de l'écriture vers la droite le sont moins fréquemment lors de l'écriture vers la gauche (Fischer, 2017a). Cette extension de la règle implicite d'écriture à droite est cohérente avec ce qu'avait démontré Maas sur l'influence que joue l'orientation de l'écriture sur la cognition et l'action humaine (Maas et al., 2014). Cette habitude d'orienter l'écriture de gauche à droite se généralise à un spectre d'actions beaucoup plus large (par exemple, balayer de gauche à droite du regard, produire un dessin libre, représenter une personne faisant une action à gauche de l'objet, ...) (Suitner & Maass, 2016).

Fischer (2010b) a également constaté que l'écriture en miroir est influencée par les écritures immédiatement précédentes. Par exemple, l'écriture en miroir du chiffre 3 est plus fréquente après une écriture correcte du chiffre 6 qu'après une écriture en miroir du chiffre 6. Lorsque les enfants de cinq-six ans écrivent de mémoire, les écritures précédentes peuvent influencer l'écriture courante, à la fois indirectement (en activant la règle d'écriture implicite vers la droite) et directement (par l'amorçage par répétition). Ainsi, Fischer postule que les amorçages moteurs (ou visuomoteurs lorsque les caractères écrits sont proches) influencent la direction du caractère suivant, ce qui confirme son hypothèse des connaissances implicites de la direction. Cette dernière vient compléter les théories de Dehaene (2007) et de Della Sala et Cubelli (2007, 2009), à savoir respectivement le recyclage neuronal et l'apraxie directionnelle.

Afin d'apprendre à écrire correctement toutes les lettres et tous les chiffres de mémoire, Fischer et Koch (2014) suggèrent que les enfants doivent associer au code neuronal initial une précision sur l'orientation, ce qui constitue un nouvel apprentissage spécifique.

### 3.3. Les modèles cognitifs

Outre les modèles neuropsychologiques, des modèles cognitifs ont été élaborés par certains chercheurs pour tenter d'expliquer l'écriture en miroir. Goodnow et Levine (1973) ont constaté que certaines lettres et certains chiffres sont plus fréquemment écrits en miroir que d'autres. Ils ont estimé les différentes fréquences grâce à leur modèle cognitif, la « grammaire de l'action ». Ce modèle n'était pas destiné à expliquer l'écriture en miroir, mais avait été élaboré pour mettre en évidence un système de règles motrices que les enfants ou certains

adultes appliquaient pour écrire. Goodnow et Levine (1973) ont proposé six règles qui précisent le choix du point de départ et de la direction des traits :

- 1) *« commencer à un point le plus à gauche ;*
- 2) *commencer à un point le plus haut ;*
- 3) *commencer par une ligne verticale (qui fait un angle de 45° ou 90° avec le bas de la page) ;*
- 4) *dessiner toutes les lignes horizontales de gauche à droite ;*
- 5) *dessiner toutes les lignes verticales du haut vers le bas et*
- 6) *enchaîner, c'est-à-dire dessiner avec une ligne continue. »*

Ces règles ont été établies sur base de l'observation de copies de formes rectilignes simples d'enfants ; les règles se stabiliseraient avec l'âge. L'existence de ce système est soutenue par sa grande régularité dans la suite et la direction de l'écriture. Ces règles de production motrice décrivent des invariances dans la manière de tracer les traits et montrent l'influence entre le dessin et l'écriture, car ces règles étaient à l'origine utilisées dans les productions picturales des enfants (Goodnow & Levine, 1973 ; Ninio & Liebllich, 1976). Il existe de nombreuses explications à l'organisation de ces règles (Thomassen & van Galen, 1992), elles seraient associées à des contraintes biomécaniques, à des aspects cognitifs liés à la valeur des dessins, à l'économie de la programmation ainsi qu'à la pratique de la lecture et de l'écriture (dont la direction gauche-droite et la rotation antihoraire pour l'alphabet latin). L'application de ces règles est influencée également par les caractéristiques individuelles des enfants (par exemple s'ils sont droitiers ou gauchers) et de la forme à réaliser qui exigerait certaines contraintes motrices.

Goodnow et Levine (1973) ont suggéré qu'une mise en pratique inadaptée de ces règles pouvait conduire à une production d'écriture en miroir. Ce phénomène résulterait donc d'un mauvais usage de règles dirigeant les comportements moteurs indépendamment de la difficulté d'orienter des jeunes enfants. En considérant cette possibilité, ils suggèrent que les caractères, qui contraignent les enfants à transformer l'utilisation normale de ces règles motrices, sont plus fréquemment inversés que les caractères qui peuvent être écrits de manière compatible avec ce système de règles motrices.



Parmi les 26 lettres majuscules de l'alphabet, six d'entre elles sont asymétriques et ont un trait droit (E, F, K, L, N et Z), onze lettres ont un axe de symétrie vertical (A, H, I, M, O, T, U, V, W, X et Y). Selon ce modèle, les lettres N et J sont fréquemment produites en miroir, ce qui n'est pas le cas pour les lettres L, B, P, R et D, vu que la mise en pratique des règles amène à leur écriture correcte.

Néanmoins, ce modèle pose quelques problèmes quant à la prédiction des fréquences de l'écriture en miroir des lettres (ou des chiffres). En effet, ce modèle serait lacunaire : les règles proposées sont souvent conflictuelles et contradictoires ; par exemple, on ne pourrait pas tracer un carré en respectant les règles citées plus haut (Fischer, 2010). De plus, ces règles pourraient être modifiées en fonction de l'âge des enfants et des règles antagonistes (Fischer, 2010).

Goodnow et Levine (1973) ont conclu que la mise en pratique de ces règles dépend de l'âge, de la culture, du sexe, mais également de la main dominante. En effet, si les enfants sont gauchers ou droitiers, ils adhèrent à des règles motrices opposées (Goodnow, 1977 ; Lehman & Goodnow, 1975). Ils suggèrent que les enfants droitiers écrivent plus fréquemment en miroir les lettres tournées vers la gauche, telles que d et q, que les lettres tournées vers la droite, telles que b et p. Pour les enfants droitiers, les exigences d'écriture des lettres d et q sont incompatibles avec la règle quatre, à savoir « *toutes les lignes horizontales doivent être écrites de gauche à droite* ». En effet, lors de la formation de la lettre d, par exemple, les enfants doivent dessiner une ligne verticale et, ensuite, orienter le trait horizontalement de droite à gauche (↶), alors que lors de la formation de la lettre b, ils doivent dessiner le trait horizontalement de gauche à droite (↷). Si ce raisonnement est correct, les enfants gauchers, agissant selon une autre règle horizontale, à savoir « *procéder de droite à gauche* », devraient agir inversement (Lehman & Goodnow, 1975), c'est-à-dire que les lettres tournées vers la droite, telles que b et p, devraient être plus fréquemment écrites en miroir que les lettres tournées vers la gauche, telles que d et q.

Goodnow et Levine affirment que l'écriture en miroir de la lettre N (↱) chez les enfants droitiers provient d'une mauvaise application occasionnelle des règles une, deux et six, à savoir respectivement « *commencer à un point le plus à gauche* », « *commencer à un point le plus haut* » et « *enchaîner, c'est-à-dire dessiner avec une ligne continue* » (Goodnow, 1972,

1977 ; Goodnow & Levine, 1973). Par ailleurs, constatant que l'utilisation des règles une, deux et six (règle de départ à gauche, le plus haut et la règle d'enchaînement) s'accroît entre l'enseignement maternel et la première année de l'enseignement primaire, Goodnow et Levine (1973) suggèrent que les enfants droitiers devraient produire plus d'erreurs en grandissant. En d'autres termes, la lettre N serait davantage écrite en miroir à partir de la première année de l'enseignement primaire. Ce résultat est en contradiction avec les résultats selon lesquels l'écriture en miroir de nombreux caractères diminue entre l'enseignement maternel et la première année de l'enseignement primaire (Ames & Ilg, 1951 ; Hildreth, 1932).

Cette proposition développementale de Goodnow et Levine est remise en question par la seconde étude de Simner (1984) qui propose un modèle développemental inverse de celui évoqué par Goodnow et Levine (1973). Selon Simner, les lettres orientées vers la gauche sont plus souvent écrites en miroir que les lettres orientées vers la droite, peu importe la main dominante des enfants. Par exemple, selon Goodnow et Levine, la lettre N est fréquemment écrite en miroir ; or, Simner (1984) et Fischer (2010) constatent que c'est la lettre la moins souvent écrite en miroir : les enfants commencent en bas à gauche et, sans lever leur crayon, montent verticalement, descendent en diagonale et remontent verticalement, amenant à une écriture correcte de la lettre N. Cette procédure déroge aux règles deux et cinq de la « grammaire de l'action » élaborée par Goodnow et Levine (1973). Cependant, Fisher (2010b) estime que l'observation de Simner (1984) est insuffisante à plusieurs égards : elle n'a pas été réalisée sur l'écriture en mémoire (chaque lettre et chaque chiffre étant présentés pendant 2,5 secondes avant chaque production écrite), elle se base sur un faible nombre d'écritures (72 pour un caractère donné) et elle ne compte que peu d'enfants gauchers. Enfin, l'étude ne peut pas être envisagée comme universellement valide, vu que l'écriture manuelle en elle-même n'est pas universelle (par exemple, le chiffre 7 au Canada ne comporte pas de barre au milieu comme en France) (Fischer, 2010b).

En 1976, Ninio et Liebblich n'ont trouvé aucune preuve que le point de départ du geste affecte la fréquence de l'écriture en miroir de certaines lettres, même si les enfants gauchers commencent à un point opposé par rapport aux enfants droitiers. Ils n'ont pas non plus observé d'augmentation de la production en miroir de la lettre N au cours de la période de développement durant laquelle les règles motrices se fixent. Par conséquent, ces auteurs remettent en question l'affirmation de Goodnow et Levine (1973), selon laquelle l'écriture en

miroir est le résultat d'une mauvaise application occasionnelle des règles motrices énoncées dans la « grammaire de l'action ». De plus, Ninio et Liebblich (1976) se questionnent sur l'incomplétude des règles et ont ajouté quatre règles supplémentaires :

- 1) *« lorsque deux lignes sont de longueurs inégales, commencer par la plus longue ;*
- 2) *lorsqu'une lettre est composée de deux lignes distinctes qui ne se coupent pas, démarrer la seconde ligne à partir du point le plus proche de la première ;*
- 3) *dessiner une ligne continue ;*
- 4) *dans les lettres comprenant à la fois des jonctions et des lignes parallèles, tracer toutes les directions relatives sous forme d'angles entre les lignes qui se croisent. »*

Depuis le modèle de la « grammaire de l'action », d'autres hypothèses ont également vu le jour dont celle de Fischer (2010), citée précédemment, qui se base sur certains points majeurs de ce modèle, à savoir la barre verticale et l'écriture vers la droite.

En 1879, Erlenmeyer a suggéré d'appeler l'écriture en miroir « l'écriture abductive avec la main gauche » puisque, selon lui, les mouvements abductifs entraînent plus fréquemment l'écriture en miroir. Selon Tankle et Heilman (1983), lorsque les gauchers utilisent leur main dominante et qu'ils écrivent délibérément en miroir, ils écrivent plus rapidement et avec moins d'erreurs que les droitiers. Bien que les mouvements abductifs soient plus efficaces pour générer une écriture en miroir que les mouvements adductifs, cette hypothèse ne tient pas compte d'autres facteurs influençant l'écriture en miroir chez les jeunes enfants (Brennan, 2012). De plus, l'écriture en miroir n'est pas spécifique aux enfants gauchers.

Lebrun (1990) met en évidence que certains enfants ont une disposition naturelle et temporaire à balayer la ligne du regard de droite à gauche. L'enfant qui exerce un tel balayage voit, par exemple, la barre verticale du R en second et s'il écrit de gauche à droite, il écrira en premier ce qu'il a observé en premier et ainsi de suite. De cette production, résultera l'écriture en miroir de la lettre R. Cependant, ce balayage n'a que rarement été testé.

En 1992, Wang suggère que les enfants qui ne connaissent ni leur gauche ni leur droite soient plus prompts à écrire en miroir. Ainsi, alors que les enfants ne maîtrisent pas encore la gauche et la droite, ils doivent apprendre à écrire, ce qui conduit à une écriture en miroir. Wang a

également étudié l'hypothèse motrice<sup>7</sup> chez les enfants et les adultes en leur demandant d'écrire avec leurs mains dominante et non-dominante (Wang, 1992). Wang a observé une plus grande fréquence d'écriture en miroir avec la main gauche (45,8 %) par rapport à la main droite (22,2 %) chez les enfants d'âge préscolaire (n = 72). Comme les droitiers sont plus nombreux que les gauchers, la main gauche est considérée comme la main non dominante et la main droite comme la main dominante. Chez les enfants d'âge scolaire (n = 40), une baisse significative de l'écriture en miroir a été observée avec la main gauche (10 %) alors qu'aucune écriture en miroir n'a été recensée avec la main droite. Chez les adultes (n = 40), une seule écriture en miroir a été observée avec la main dominante. Ces observations suggèrent un rôle plus important des mécanismes moteurs chez les enfants que chez les adultes, rôle qui s'atténue progressivement avec l'âge.

En 2016, Fischer et Koch ont proposé trois hypothèses de l'écriture en miroir spontanée chez les jeunes enfants de cinq à six ans : (1) l'hypothèse d'addition, (2) l'hypothèse de différence et (3) l'hypothèse de non-différence. **L'hypothèse d'addition** soutient l'idée qu'en plus des mouvements abductifs des enfants gauchers, il existe une autre explication à l'écriture en miroir spontanée chez les enfants, à savoir la règle implicite de l'écriture à droite. Les deux explications s'entendraient ensemble, conduisant les enfants qui écrivent de la main gauche et qui appliquent la règle implicite, à produire plus de caractères en miroir que les enfants qui écrivent de la main droite. **L'hypothèse de différence** suggère que les deux explications diffèrent selon la main dominante. Les enfants gauchers inverseront certains caractères parce qu'ils écrivent de manière abductive, alors que les enfants droitiers inverseront certains caractères parce qu'ils appliquent la règle implicite de l'écriture à droite. Cependant, cette deuxième hypothèse ne permet pas de prédire la fréquence de l'écriture en miroir chez les deux groupes d'enfants. Fischer et Koch (2016) prévoient que les enfants gauchers, en écrivant de manière abductive, inverseront les caractères orientés vers la droite (par exemple, L), alors que les enfants droitiers, en appliquant la règle d'écriture à droite, inverseront les caractères orientés vers la gauche (par exemple, J). **La dernière hypothèse (de non-différence)** affirme qu'il n'y a pas de différence dans l'explication de l'écriture en miroir entre les groupes d'enfants gauchers et droitiers. Sur base de ces hypothèses, Fischer et Koch (2016b) ont étudié

---

<sup>7</sup> L'hypothèse motrice expose que les mouvement abductifs entraînent plus fréquemment l'écriture en miroir que les mouvements adductifs (Erlenmeyer, 1879 ; Tankle & Heilman, 1983).

l'écriture en miroir chez les jeunes enfants et leurs données n'ont montré aucune différence significative entre la fréquence de l'écriture en miroir et la fréquence d'inversion des mêmes caractères chez les enfants gauchers et droitiers. Par conséquent, leurs données fournissent de solides preuves en faveur de l'hypothèse sans différence, quelle que soit la main avec laquelle les enfants écrivent. L'explication de l'écriture en miroir serait la même pour tous les enfants.

Supposer que les enfants orientent les lettres dans le sens de l'écriture ne signifie pas que l'apprentissage soit basé uniquement sur les mouvements moteurs de l'enfant. D'ailleurs, de nombreuses données empiriques indiquent qu'il existe des relations étroites entre les représentations perceptuelles et motrices des actions dans le cerveau adulte (Oosterhof et al., 2010). Ainsi, dans une culture d'écriture de gauche à droite, les enfants gauchers ou droitiers regardent leur parent ou leur enseignant leur montrer des images ou des textes en bougeant leur doigt de gauche à droite. Cette pratique donne aux enfants la possibilité d'apprendre implicitement que les lettres du texte sont généralement dirigées dans le sens du mouvement du doigt de leur parent ou de leur instituteur. De plus, les enseignants soulignent que l'écriture commence à gauche de la page en plaçant un point ou en limitant l'espace pour écrire de gauche à droite (Fischer & Koch, 2016b). En outre, face à une ligne horizontale d'objet placés devant des enfants de trois à cinq ans, on observe que les enfants gauchers sont plus susceptibles de compter de gauche à droite (c'est-à-dire de manière adductive) que les enfants droitiers. En effet, les jeunes enfants, en particulier les gauchers, préfèrent commencer à compter à partir d'un objet ipsilatéral à la main utilisée (Patro et al., 2015). Ceci montre que, quelle que soit la main utilisée pour écrire, tous les enfants sont susceptibles de développer une règle implicite d'écriture à droite (Fischer & Koch, 2016b).

D'autres caractéristiques individuelles ont été évoquées comme étant des variables explicatives à l'écriture en miroir, telles que le contexte (écriture au bord de la feuille), la condition (fatigue, surcharge cognitive), etc. Cependant, ces variables ainsi que la tendance au balayage évoqué par Lebrun (1990) n'ont pas fait l'objet d'études à plus large échelle avec des résultats significatifs.

### 3.4. Évolution des idées

On a longtemps expliqué l'écriture en miroir par des caractéristiques principalement individuelles, à savoir le genre et l'âge. Cependant, des études plus récentes (Cubelli & Della Sala, 2009 ; Della-Sala & Cubelli, 2007 ; Fischer, 2010) révèlent une absence de différence entre les genres et montrent que l'effet de l'âge ne peut pas être vu indépendamment de l'évolution de l'apprentissage de l'écriture et du niveau de scolarité.

L'idée que l'écriture en miroir soit principalement produite par les enfants gauchers a longtemps perduré, malgré une absence de preuve empirique. Plusieurs explications peuvent avoir favorisé la persistance de cette idée : elle donne une interprétation simple du phénomène ; elle s'inscrit sur l'image « *de gens à l'envers* » qui a suivi les personnes gauchères pendant tout un temps (Bertrand, 2008) ; elle est confirmée par la littérature pathologique adulte qui montre qu'après une lésion cérébrale, certains adultes se sont mis à écrire en miroir avec leur main non-dominante, à savoir la main gauche.

En 1916, pourtant, Fuller (cité par Fischer, 2018), parlant de l'écriture en miroir, écrivait que « *presque chaque enfant, à une certaine période de son développement, produira une écriture en miroir spontanée et fragmentaire avec sa main droite* » (p. 201). Cependant, les neuropsychologues et les psychologues du développement de l'époque ne voulurent pas voir cette théorie émerger, convaincus de la théorie de la gaucherie des enfants.

Néanmoins, des études récentes (Cubelli & Della Sala, 2009 ; Della-Sala & Cubelli, 2007 ; Fischer, 2010) remettent en question l'explication de la main d'écriture. En effet, elles montrent une faible différence quantitative entre les enfants âgés de cinq à six écrivant de la main droite et ceux écrivant de la main gauche. S'il existe bien une faible différence (un à deux pour cent), celle-ci n'est pas significative et ne permet donc pas de souligner une variation entre ces deux groupes.

Les études précédemment décrites mettent en lumière que nous ne pouvons pas imputer l'écriture en miroir ni au genre, ni à l'âge et qu'il n'a pas été prouvé que l'écriture en miroir soit un précurseur d'un trouble du développement. En effet, l'écriture en miroir est une partie normale et temporaire du développement de l'écriture. Nous allons tenter d'aller plus loin dans sa compréhension en émettant des hypothèses et en tentant de les valider.

## II. HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

Les études sur l'écriture en miroir chez les jeunes enfants sont peu nombreuses et souvent contradictoires. De plus, la plupart des recherches se sont concentrées sur des populations spécifiques, des cas pathologiques, des gauchers ou sur des enfants présentant des troubles de l'apprentissage. Par conséquent, le développement normal de l'écriture en miroir chez les jeunes enfants pose encore question.

Au terme de notre revue de la littérature, nous avons dégagé cinq hypothèses :

- l'écriture en miroir concerne plus souvent les lettres et les chiffres tournés vers la gauche que les lettres et les chiffres tournés vers la droite ;
- l'écriture en miroir est influencée par les écritures immédiatement précédentes et/ou par des contraintes spatiales ;
- les enfants qui écrivent en miroir présentent plus de difficultés dans la reconnaissance de l'orientation des lettres ;
- les enfants écrivent plus souvent en miroir des lettres et des chiffres dictés que lorsqu'ils les copient ;
- l'écriture en miroir est davantage présente chez les enfants de cinq à six ans par rapport aux enfants plus âgés.

### 1. L'orientation des caractères

L'écriture en miroir concernerait plus souvent les lettres tournées vers la gauche que les lettres tournées vers la droite (Fischer, 2011a, 2017a ; Fischer & Koch, 2016a, 2016b ; Fischer & Tazouti, 2012 ; Treiman et al., 2014 ; Vinter & Chartrel, 2008), ce qui constitue notre première hypothèse de travail.

Certains auteurs (Fischer, 2017b ; Treiman et al., 2014) ont étudié l'orientation des lettres et ont montré que certaines lettres sont orientées vers la gauche, car elles ont leur signe distinctif à gauche. Ils ont donc établi une liste de lettres majuscules orientées vers la gauche (J et Z), vers la droite (B, C, D, E, F, G, K, L, N, P, Q, R, et S) et de lettres symétriques (A, H, I, M, O, T, U, V, W, X et Y). Treiman et al. (2014) ont, quant à eux, listé les lettres minuscules orientées vers

la gauche (a, d, g, j, q, y et z) et vers la droite (b, c, e, f, f, k, l, p, r et s). Ces auteurs (Fischer, 2011a ; Treiman et al., 2014) ont ainsi déduit que les enfants, voyant majoritairement des lettres orientées vers la droite, ont généralisé une règle implicite qui encourage l'écriture correcte des lettres orientées vers la droite et l'écriture en miroir de celles orientées vers la gauche.

L'étude de l'orientation des chiffres met en évidence que les chiffres 1, 2, 3, 7 et 9 sont orientés vers la gauche et ont donc plus de probabilité d'être inversés (Fischer, 2010b, 2017a ; Fischer & Koch, 2016a, 2016b ; Fischer & Tazouti, 2012). Par ailleurs, le chiffre 3 serait le plus fréquemment sujet à une inversion, sa forme réfléchie ressemblant à la lettre majuscule E. Fischer (2010b) a observé que des enfants qui écrivaient les chiffres 1 et 7 en commençant par le bas, les inversaient alors en appliquant la règle d'écriture vers la droite. L'orientation d'une lettre ou d'un chiffre résulterait donc de son point de départ.

En outre, Vinter et Chartrel (2008) ont montré que, pour les enfants de cinq à six ans, la forme visuelle des caractères est à l'origine de leur inversion spontanée. Dans une culture où l'écriture est orientée vers la droite, les caractères orientés vers la gauche (par exemple, 3 et J) seront plus souvent écrits en miroir.

Ainsi, une règle implicite de l'écriture orientée vers la droite expliquerait l'écriture en miroir chez les enfants avec un développement typique.

## 2. L'influence du contexte

La deuxième hypothèse de ce mémoire aborde la question du rôle du contexte dans l'écriture en miroir, et plus particulièrement l'influence des écritures immédiatement précédentes sur l'écriture en miroir de la lettre ou du chiffre suivant et l'influence de certaines contraintes spatiales.

Le neuropsychologue Karl Lashley (1890-1958) a souligné l'importance du contexte dans l'écriture. Selon lui, une nouvelle lettre ou un nouveau chiffre stimule un système déjà actif. Cependant, peu de chercheurs ont axé leur travail sur l'influence du contexte sur l'écriture en miroir.



Récemment, Fischer (2011b) a observé que l'orientation d'un caractère serait influencée par l'orientation de celle qui la précède. Par exemple, l'écriture correcte des lettres C, E et B amènerait plus fréquemment l'écriture en miroir du chiffre 3, alors que l'écriture en miroir de ces mêmes lettres amènerait plus fréquemment l'écriture correcte du chiffre 3. Fischer (2011b) fait cependant remarquer que ces amorçages ne sont pas exclusivement sensori-moteurs (la boucle du C n'entraîne pas plus d'écriture en miroir du chiffre 3 que la lettre E et, alors que dans la lettre B, se cache le chiffre 3, elle a amorcé peu d'écritures correctes de ce chiffre). Par ailleurs, l'écriture correcte de la lettre C ravive la règle implicite de l'écriture vers la droite qui influence l'écriture du chiffre 3 en miroir, alors que l'écriture en miroir de la lettre C active une règle opposée d'orientation vers la gauche qui influe l'écriture correcte du chiffre 3. Il existerait donc une combinaison de la règle implicite de l'orientation vers la droite et de l'amorçage visuomoteur de l'écriture précédente.

Fischer (2011b) a montré que les enfants, confrontés à une contrainte spatiale (par exemple, une place insuffisante à droite), écrivent de droite à gauche, entraînant ainsi la production d'écriture en miroir des lettres orientées vers la droite. Si les enfants doivent partir d'un point de la page qui ne laisse pas assez d'espace pour écrire leur prénom à l'endroit, ils l'écriront entièrement à l'envers (Cornell, 1985 ; Fischer & Tazouti, 2012). Fischer (2011b) révisé ainsi la règle implicite de l'orientation vers la droite en y ajoutant l'influence du contexte et conclut que la règle pourrait être que les lettres sont orientées dans le sens de l'écriture. En effet, Fischer (2011a) a constaté que les enfants qui écrivent spontanément de gauche à droite, inversent généralement les lettres orientées vers la gauche, alors que si on les contraint à écrire de droite à gauche, ils inversent généralement les lettres orientées vers la droite.

Simner (2005) avait également mis en évidence qu'un enfant, par manque de place, pouvait remplacer un « d » par un « b », ayant d'abord formé l'axe vertical soit trop près du bord gauche de la feuille soit trop près de la lettre précédente.

### 3. Difficultés dans la reconnaissance de l'orientation

Selon McIntosh, Hillary, Brennan et Lechowicz (2018), il existerait une relation entre l'écriture en miroir et la capacité à reconnaître si la lettre présentée visuellement est orientée correctement. En effet, les enfants qui produisent plus d'écriture en miroir, commettraient

plus d'erreurs de reconnaissance de l'orientation que d'erreurs de jugement perceptif. Ils choisissent plus fréquemment les lettres inversées plutôt que de rejeter les lettres correctement orientées. Ce constat serait compatible avec la tendance à généraliser les formes en miroir (Corballis & Beale, 1976, Dehaene, 2010 ; Dehaene et al., 2010 ; Pegado et al., 2011).

Si nous prenons en compte la règle implicite décrite précédemment, les enfants devraient choisir les lettres orientées vers la droite et rejeter les lettres orientées vers la gauche. Il y aurait donc plus d'erreurs de reconnaissance de l'orientation des lettres tournées vers la gauche.

Les erreurs de reconnaissance de l'orientation prédiraient la tendance à écrire en miroir et diminueraient vers huit ans. En effet, plus les lettres sont écrites en miroir, plus elles sont sujettes à des erreurs de reconnaissance de l'orientation. Selon McIntosh, Hillary, Brennan et Lechowicz, « *ces deux variables seraient spécifiquement attachées, soit parce qu'elles sont liées à un autre aspect du développement de l'écriture, soit parce qu'elles sont directement liées fonctionnellement* » (McIntosh et al., 2018, p. 672).

Cependant, Della Sala et Cubelli (2009) ont constaté que la fréquence de l'écriture en miroir n'était pas plus élevée chez les enfants qui avaient des difficultés à distinguer les images en miroir que chez les enfants qui n'en avaient pas.

Notre troisième hypothèse postule que les enfants qui écrivent en miroir présentent plus de difficultés dans la reconnaissance de l'orientation des lettres.

#### 4. L'influence de la dictée sur l'écriture en miroir

La quatrième hypothèse de ce mémoire est que les enfants inverseraient plus souvent les caractères lorsqu'ils écrivent de mémoire plutôt qu'en copie.

Corballis & Beale (1976) ou encore Dehaene (2007) avancent que l'écriture en miroir est un problème de mémoire et non de perception. Plusieurs chercheurs (Fischer & Koch, 2016a ; Fischer & Tazouti, 2012) ont, par ailleurs, constaté que l'écriture sous dictée entraînait plus fréquemment des écritures en miroir que la copie de lettres ou de chiffres. Ces chercheurs ont étudié les deux modalités d'écriture et ont conclu que, lors de la tâche « copie », les enfants

voient l'orientation des caractères sur le modèle qui leur est proposé. Il est donc peu probable qu'ils activent la règle implicite de l'écriture vers la droite lorsqu'ils ne sont pas sûrs de l'orientation du caractère à écrire. Cet amorçage visuel n'introduirait pas de biais et conduirait à l'orientation correcte de l'écriture.

Cette hypothèse est liée à la question de l'âge puisque les enfants de quatre à cinq ans ne sont pas encore en mesure d'écrire toutes les lettres et tous les chiffres de mémoire (Fischer & Koch, 2016b).

## 5. Le niveau de scolarité

Il existerait un pic de fréquence des écritures en miroir dans la phase d'apprentissage de l'écriture (Dehaene, 2007). En effet, les enfants de quatre ans n'écriraient pas en miroir puisqu'ils n'écrivent pas encore de mémoire, alors que les enfants de huit ans n'écriraient plus en miroir puisqu'ils ont acquis l'écriture. Le phénomène de l'écriture chez les jeunes enfants pourrait être lié à l'âge, mais il existerait un facteur subjacent à l'âge, à savoir le stade d'acquisition de l'écriture. En effet, l'écriture en miroir se situerait entre l'absence d'écriture et une écriture « correcte » (Della Sala & Cubelli, 2009 ; Fischer & Tazouti, 2012).

Durant ce pic de fréquence expliqué par Dehaene (2007), c'est-à-dire vers cinq-six ans, les enfants connaissent la forme des lettres et des chiffres, mais doutent de l'orientation gauche-droite de ceux-ci.

Notre cinquième et dernière hypothèse est que l'écriture en miroir est plus présente chez les enfants de cinq-six ans que chez les enfants plus âgés.

### III. MÉTHODOLOGIE

Ce mémoire se basera sur les cinq hypothèses détaillées auparavant, à savoir :

- l'écriture en miroir concerne plus souvent les lettres et les chiffres tournés vers la gauche que les lettres et les chiffres tournés vers la droite ;
- l'écriture en miroir est influencée par les écritures immédiatement précédentes et/ou par des contraintes spatiales ;
- les enfants qui écrivent en miroir présentent plus de difficultés dans la reconnaissance de l'orientation des lettres ;
- les enfants écrivent plus souvent en miroir des lettres et des chiffres dictés que lorsqu'ils les copient ;
- l'écriture en miroir est davantage présente chez les enfants de cinq à six ans par rapport aux enfants plus âgés.

Pour ce faire, cette partie sera consacrée à la manière dont l'étude a été menée. Nous allons donc exposer la façon dont nous avons procédé pour recruter les participants ainsi que la manière dont nous avons analysé les résultats.

#### 1. Informations sur les participants

Nous avons décidé, dans le cadre de ce mémoire, de rencontrer 60 enfants afin de leur faire passer différentes tâches qui nous permettront de tester nos hypothèses.

Les participants à la présente étude sont des enfants âgés de cinq à huit ans, scolarisés dans des écoles de l'enseignement maternel et primaire ordinaire de la Fédération Wallonie-Bruxelles. Aucun critère d'exclusion a été mis en place.

Avant de pouvoir recruter des participants, une demande a été soumise au comité d'éthique de l'Université de Liège. Après l'obtention d'une réponse positive, le recrutement a débuté immédiatement via plusieurs structures scolaires. Un courriel<sup>8</sup> a donc été envoyé aux directions de plusieurs écoles de la Fédération Wallonie-Bruxelles afin de leur expliquer les objectifs de l'étude et leur fournir tous les renseignements utiles.

---

<sup>8</sup> Cf. l'annexe 2.

Une rencontre a eu lieu avec chaque direction afin de leur transmettre les différents documents (formulaire d'information au volontaire, formulaire de consentement, questionnaire à destination des parents/tuteurs) à remettre aux parents/tuteurs via les enfants.

Une fois le consentement signé par les parents et rapporté en classe, les entretiens ont alors débuté. Avant de commencer les différents exercices, l'objectif de l'étude et le caractère confidentiel ont été expliqués aux enfants. Après lecture à voix haute du formulaire d'information et de consentement pour les enfants, nous nous sommes assurée d'avoir répondu à toutes les questions du participant avant de procéder à la signature du consentement.

Deux groupes ont été composés en fonction de l'âge des enfants, l'un constitué des enfants âgés de cinq à six ans (Groupe A) et l'autre des enfants âgés de sept à huit ans (Groupe B).

L'échantillon final est constitué de 60 enfants, dont 29 filles et 31 garçons, l'âge moyen étant de sept ans et deux mois. Il comptabilise 26 enfants de cinq à six ans (âge moyen : six ans et dix mois) et 34 enfants de sept à huit ans (âge moyen : huit ans et zéro mois). Tous ces enfants sont issus de 4 écoles et de 16 classes différentes, allant de la troisième année de l'enseignement maternel à la troisième année de l'enseignement primaire.

Groupe A				Groupe B			
Genre	N	Pourcentage	Moyenne d'âge	Genre	N	Pourcentage	Moyenne d'âge
Garçons	16	61,54	6 ans et 10 mois	Garçons	15	44,12	8 ans et 0 mois
Filles	10	38,56	5 ans et 9 mois	Filles	19	55,88	8 ans et 0 mois
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>100,0</b>	<b>6 ans et 10 mois</b>	<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>100,0</b>	<b>8 ans et 0 mois</b>

La rencontre a eu lieu dans un endroit calme à proximité de la classe. Afin d'évaluer les participants en présentiel, malgré le contexte sanitaire actuel, différentes mesures ont été prises. Tout d'abord, le document « *Addendum consentement procédure COVID* » a été complété par les parents avant le rendez-vous. Le document a été détruit deux semaines après la rencontre, conformément aux recommandations fédérales rappelées par la Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Education. Bien que les enfants soient présents à l'école, nous avons vérifié qu'ils ne se plaignaient d'aucun symptôme, ce qui fût à chaque fois le cas. De plus, nous portons un masque en permanence, comme certains enfants, de leur propre initiative, le port du masque n'étant pas obligatoire en dessous de douze ans. Tout le

matériel, ainsi que la table, ont été désinfectés entre chaque participant et la pièce a été aérée à la même fréquence. Chaque participant a été invité à se désinfecter les mains avant et après la rencontre. Enfin, la distance d'1,5 m a été le plus souvent respectée, sauf lorsque la disposition de la pièce ne nous permettait pas de mettre deux tables côte à côte.

## 2. Procédure

Avant de rencontrer chaque enfant, les parents/tuteurs ont été invités à répondre à un questionnaire<sup>9</sup> sur la préférence manuelle des deux parents et de leur enfant ainsi que sur leur représentation de l'écriture en miroir. Les données recueillies au travers du questionnaire rempli par les parents et issues de la rencontre avec les enfants ont fait l'objet d'une analyse descriptive.

Une rencontre individuelle d'environ quarante minutes a été organisée avec chaque enfant. Ceux-ci, assis à une table en face de l'examineur, ont d'abord été invités à évaluer leur préférence manuelle en utilisant l'échelle De Agostini et Dellatolas (1988). Pour ce faire, ils ont été amenés à réaliser quinze tâches : lancer une balle, frapper une balle avec une raquette de ping-pong, dessiner un trait au crayon sur une feuille, gommer, faire semblant de se brosser les cheveux et les dents, couper avec un couteau, frapper avec un marteau, utiliser une cuillère, découper avec des ciseaux, distribuer des cartes, dévisser un bouchon, verser d'une bouteille à un verre, boire avec un verre et enfiler une aiguille. Chaque objet a été présenté de façon centralisée (non latéralisée) et, pour chaque activité, l'utilisation de la main droite, des deux mains et de la main gauche a été codée respectivement 1, 2 et 3<sup>10</sup>. La condition « des deux mains » désigne le changement de main pendant l'action ou l'utilisation simultanée des deux mains. Ces quinze actions permettent d'affecter une note de préférence manuelle entre 15 (droitier complet : 15 tâches\*code 1) et 45 (gaucher complet : 15 tâches\* code 3) aux enfants. En évaluant la préférence manuelle de chaque enfant, nous pourrions vérifier s'il y a une différence significative entre les gauchers et les droitiers.

Ensuite, les enfants ont été invités à réaliser neuf tâches<sup>11</sup> :

- 1) écrire leur prénom à droite d'une ligne médiane ;

---

<sup>9</sup> Cf. l'annexe 3.

<sup>10</sup> Un exemple du protocole se trouve en annexe 4.

<sup>11</sup> Une illustration des neuf tâches se trouve en annexe 5.

- 2) écrire leur prénom à droite d'un point se situant dans une case ;
- 3) écrire deux séries de dix chiffres et deux séries de quinze lettres dictées dans un ordre préalablement établi ;
- 4) écrire deux séries de dix chiffres et deux séries de quinze lettres en copie dans un ordre préalablement établi ;
- 5) nommer les lettres qui leur seront présentées et déclarer si elles sont bien orientées ou non ;
- 6) écrire une lettre ou un chiffre à la suite d'une lettre ou d'un chiffre préalablement écrit normalement ;
- 7) écrire une lettre ou un chiffre à la suite d'une lettre ou d'un chiffre préalablement écrit en miroir ;
- 8) écrire leur prénom à gauche d'une ligne médiane ;
- 9) écrire leur prénom à gauche d'un point se situant dans une case.

Les tâches une et deux et les tâches six à neuf permettront de tester l'hypothèse selon laquelle l'écriture en miroir serait influencée par le contexte.

Pour l'écriture du prénom, nous avons fourni quatre bandes de papier<sup>12</sup> :

Ligne médiane : Point situé à droite (encourage une écriture conventionnelle)



Ligne médiane : Point situé à gauche (encourage une écriture en miroir)



Cadre : Point situé à gauche (encourage une écriture conventionnelle)



Cadre : Point situé à droite (encourage une écriture en miroir)



Ainsi, chaque enfant a été invité à écrire son prénom en suivant la consigne suivante peu importe la localisation du point : « Écris ton prénom en attaché ou en majuscule en

<sup>12</sup> Les bandelettes en taille réelle se trouvent en annexe 5.

commençant par le point. » Ces tâches ont été inspirées des études de Fischer (2011b) et Fischer et Koch (2016a), au cours desquelles les contraintes spatiales sont abordées en utilisant un point placé de part et d'autre d'un trait vertical. Nous avons également proposé aux enfants d'écrire dans un cadre pour apprécier deux contraintes spatiales.

Pour les tâche six (« écrire une lettre ou un chiffre à la suite d'une lettre ou d'un chiffre préalablement écrit normalement ») et sept (« écrire une lettre ou un chiffre à la suite d'une lettre ou d'un chiffre préalablement écrit en miroir »), nous avons fourni différentes bandes de papier, comportant deux cases chacune, dont la première était remplie d'une lettre ou d'un chiffre écrit en miroir ou non (exemple, la lettre B). Le choix de la lettre ou du chiffre pour la deuxième case (exemple, le chiffre 3) était préalablement établi en fonction de ce qui était noté dans la première case. Les enfants étaient donc invités à regarder le caractère écrit dans la première case et à écrire le chiffre ou la lettre dictée dans la deuxième case. Cette tâche a été inspirée de l'étude de Fischer (2011b) sur l'amorçage par l'écriture précédente.

Les tâches trois (« écrire deux séries de dix chiffres et deux séries de quinze lettres dictées dans un ordre préalablement établi ») et quatre (« écrire deux séries de dix chiffres et deux séries de quinze lettres en copie dans un ordre préalablement établi ») permettront de tester deux hypothèses, à savoir l'orientation des caractères et l'influence de la dictée et de la copie sur l'écriture en miroir. Huit bandes de papier ont été fournies aux enfants afin qu'ils réalisent, dans des cases préétablies, quatre séries de quinze lettres asymétriques et quatre séries de dix chiffres<sup>13</sup> :

Exemplaire pour une série de dix chiffres

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Exemplaire pour une série de quinze lettres

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ces tâches ont été inspirées des études de Fischer (2010a, 2010b), Fischer et Koch (2016a, 2016b) et Fischer et Tazouti (2012), au cours desquels a été abordé la fréquence d'écriture en

<sup>13</sup> Les bandelettes en taille réelle se trouvent en annexe 5.



miroir pour les deux groupes de caractères, à savoir l'un orienté vers la gauche et l'autre orienté vers la droite.

Lors de la tâche trois, les enfants ont écrit, sous dictée, les séries de lettres et de chiffres selon un ordre préalablement établi, alors que lors de la tâche quatre, ils ont copié les caractères selon un ordre préalablement établi. Les caractères ont été présentés individuellement et ils étaient écrits sur une feuille A5 en noir, en Times New Roman de taille 250. Chaque enfant a donc été invité à écrire quatre fois chaque lettre et chaque chiffre.

Six séries de chiffres et six séries de lettres avaient été préalablement établies en tenant compte de la successivité des caractères. En effet, entre les six séries, une lettre ou un chiffre n'est pas suivi par la même lettre ou le même chiffre. De plus, chaque caractère ne se retrouve qu'une seule fois dans chaque série afin d'éviter que les enfants recopient une lettre précédemment écrite.

- |  |  |
|--|--|
| a) 6 ; 8 ; 4 ; 2 ; 0 ; 5 ; 9 ; 3 ; 1 ; 7                     | b) 7 ; 3 ; 6 ; 4 ; 1 ; 9 ; 2 ; 8 ; 5 ; 0                     |
| c) 4 ; 1 ; 3 ; 6 ; 5 ; 2 ; 9 ; 0 ; 7 ; 8                     | d) 0 ; 9 ; 6 ; 1 ; 5 ; 4 ; 7 ; 2 ; 3 ; 8                     |
| e) 5 ; 7 ; 9 ; 1 ; 0 ; 8 ; 2 ; 4 ; 6 ; 3                     | f) 8 ; 3 ; 4 ; 0 ; 2 ; 1 ; 9 ; 7 ; 5 ; 6                     |
| g) B ; C ; D ; E ; F ; G ; J ; K ; L ; N ; P ; Q ; R ; S ; Z | h) P ; L ; J ; R ; Z ; S ; N ; B ; E ; G ; Q ; F ; K ; D ; C |
| i) S ; E ; J ; Z ; L ; R ; K ; G ; D ; Q ; B ; N ; C ; F ; P | j) K ; J ; L ; S ; F ; Z ; N ; Q ; D ; B ; G ; E ; R ; P ; C |
| k) F ; C ; K ; Q ; P ; R ; B ; D ; Z ; E ; N ; J ; S ; G ; L | l) R ; Q ; B ; J ; C ; P ; N ; S ; L ; E ; Z ; D ; G ; K ; F |

Les séries ont été attribuées aux enfants comme suit : le premier enfant a reçu les séries a, b, g et h dans la modalité « sous dictée » et les séries c, d, i et j dans la modalité « en copie ». Le deuxième enfant a reçu les séries e, f, k et l dans la modalité « sous dictée » et les séries a, b, g et h dans la modalité « en copie ». Ensuite, ce regroupement de série a été rejoué pour les enfants suivants. Cette attribution fera l'objet d'une discussion ultérieurement.

La tâche cinq (« nommer les lettres qui leur seront présentées et déclarer si elles sont bien orientées ou non ») permettra de tester l'hypothèse selon laquelle les enfants qui écrivent en miroir présentent plus de difficultés dans la reconnaissance de l'orientation des lettres. Nous avons présenté trente feuilles A5 sur lesquelles était inscrite une lettre asymétrique en miroir ou non. Les lettres étaient écrites en Times New Roman de taille 250. Les enfants ont dû

nommer et déclarer si les lettres présentées une à une étaient écrites dans le bon sens. Si les enfants ont signalé que la lettre n'était pas dans le bon sens, ils ont été encouragés à expliquer pourquoi et à l'écrire dans le bon sens. Cette tâche a été inspirée de l'étude de McIntosh et al. (2018) sur le parallélisme entre l'écriture en miroir et les erreurs de reconnaissance d'orientation.

Afin que l'ordre des exercices n'influence par l'écriture des caractères suivants, les neuf tâches ont été attachées à un ordre particulier. Après avoir effectué les différentes activités pour déterminer leur préférence manuelle, les enfants ont été invités à réaliser les différentes tâches selon l'ordre suivant :

- 1) écrire leur prénom à droite d'une ligne médiane ;
- 2) écrire sous dictée une série de chiffres et une série de lettres ;
- 3) écrire leur prénom à droite d'un point se situant dans une case ;
- 4) écrire sous dictée une série de chiffres et une série de lettres ;
- 5) écrire 3, J, 3 et 2 à la suite respectivement de C, a, 8, et S ;
- 6) écrire en copie une série de chiffres et une série de lettres ;
- 7) écrire leur prénom à gauche d'un point se situant dans une case ;
- 8) écrire 3, J, 2 et 3 à la suite respectivement de E, 7, 2 et 3 ;
- 9) écrire sous dictée une série de chiffres et une série de lettres ;
- 10) écrire leur prénom à droite d'un point se situant dans une case ;
- 11) écrire 3, J, 3 et J respectivement après 3, 7, B et 6.
- 12) nommer les lettres présentées et déclarer si elles sont bien orientées ou non.

Après chaque exercice, les bandes de papier étaient retournées face écrite sur la table afin que les enfants ne puissent pas recopier un caractère précédemment écrit. Cet ordre fera l'objet d'une discussion ultérieure.

Tableau 1

*Tableau récapitulatif des tâches en fonction des hypothèses*

Tâches	Hypothèses
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecrire deux séries de dix chiffres et deux séries de quinze lettres dictées dans un ordre préalablement établi.</li> <li>- Ecrire deux séries de dix chiffres et deux séries de quinze lettres en copie dans un ordre préalablement établi.</li> </ul>	L'écriture en miroir concerne plus souvent les lettres et les chiffres tournés vers la gauche que les lettres et les chiffres tournés vers la droite.
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecrire leur prénom à droite d'une ligne médiane.</li> <li>- Ecrire leur prénom à droite d'un point se situant dans une case.</li> <li>- Ecrire une lettre ou un chiffre à la suite d'une lettre ou d'un chiffre préalablement écrit conventionnellement.</li> <li>- Ecrire une lettre ou un chiffre à la suite d'une lettre ou d'un chiffre préalablement écrit en miroir.</li> <li>- Ecrire leur prénom à gauche d'une ligne médiane.</li> <li>- Ecrire leur prénom à gauche d'un point se situant dans une case.</li> </ul>	L'écriture en miroir est influencée par les écritures immédiatement précédentes et/ou par des contraintes spatiales.
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nommer les lettres présentées et déclarer si elles sont bien orientées ou non.</li> </ul>	Les enfants qui écrivent en miroir présente plus de difficultés dans la reconnaissance de l'orientation des lettres.
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecrire deux séries de dix chiffres et deux séries de quinze lettres dictées dans un ordre préalablement établi.</li> <li>- Ecrire deux séries de dix chiffres et deux séries de quinze lettres en copie dans un ordre préalablement établi.</li> </ul>	Les enfants écrivent plus souvent en miroir des lettres et des chiffres dictés que lorsqu'ils les copient.
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecrire deux séries de dix chiffres et deux séries de quinze lettres dictées dans un ordre préalablement établi.</li> <li>- Ecrire deux séries de dix chiffres et deux séries de quinze lettres en copie dans un ordre préalablement établi</li> </ul>	L'écriture en miroir est davantage présente chez les enfants de cinq à six ans par rapport aux enfants plus âgés.

### 3. Méthodes d'analyse des résultats

Pour la partie descriptive, les données ont été récoltées au travers d'un questionnaire destiné aux parents et au travers de l'observation des tâches d'écriture des différents caractères. Le questionnaire portait sur les représentations que les parents se font du phénomène de l'écriture en miroir et de la manualité de leur enfant. Ce questionnaire a fait l'objet d'une analyse catégorielle basée sur les différentes réponses. De plus, il est intéressant d'analyser la

manière dont les enfants écrivent les caractères, indépendamment de l'écriture en miroir. Nous allons donc nous intéresser à la manière dont la plupart des enfants écrivent les différents caractères asymétriques pour ensuite nous intéresser à la manière dont les enfants ont écrit les différents caractères en miroir.

Pour la partie descriptive, les données ont été récoltées au travers d'un questionnaire destiné aux parents et au travers de l'observation des tâches d'écriture des différents caractères par les enfants. Le questionnaire portait sur les représentations que les parents se font du phénomène de l'écriture en miroir et de la manualité de leur enfant. Ce questionnaire a fait l'objet d'une analyse catégorielle basée sur les différentes réponses.

Dans un premier temps, nous avons analysé la manière dont les enfants écrivent les caractères, indépendamment de l'écriture en miroir. Nous allons donc nous intéresser à la manière dont la plupart des enfants écrivent les différents caractères asymétriques pour ensuite s'intéresser à la manière dont les enfants ont écrit les différents caractères en miroir.

La partie quantitative est la plus importante de ce travail puisqu'elle permettra de répondre à nos hypothèses. Les données ont été recueillies au travers des exercices d'écriture et ont été analysées à l'aide du logiciel statistique Statistical Analysis System 9.4. (SAS).

Avant chaque analyse, nous avons vérifié la normalité des variables. Celles-ci se distribuant à chaque fois de manière anormale, nous avons opté pour des tests non paramétriques et nous avons établi la probabilité de 0.05 comme seuil de signification pour rejeter l'hypothèse nulle. De plus, nous avons, pour chaque analyse dont le résultat était statistiquement significatif, calculé la taille de l'effet (nous avons utilisé AI-Therapy (<https://www.ai-therapy.com/psychology-statistics/effect-size-calculator>)).

Tout d'abord, nous avons divisé chaque production écrite des enfants en trois catégories : les écritures correctes, les écritures en miroir horizontal<sup>14</sup> et les écritures non pertinentes. Lorsque les lettres minuscules ne se différenciaient pas complètement de la majuscule correspondante, comme ce fut le cas pour les lettres c, f, j, k, p, s et z, nous les avons estimées comme pertinentes (Fischer, 2010a). Cependant, les autres lettres minuscules, les caractères écrits en miroir vertical<sup>15</sup> ainsi que l'absence d'écriture ont été classés dans les écritures non

---

<sup>14</sup> Cf. Illustration de l'écriture en miroir, Figure 1

<sup>15</sup> Cf. Illustration de l'écriture en miroir, Figure 1

pertinentes. Les écritures des chiffres symétriques 8 et 0, non pertinentes pour l'étude de l'écriture en miroir, ont été exclues des analyses.

Afin d'étudier les données collectées et répondre à nos hypothèses, nous avons décidé de mesurer les pourcentages « relatifs » de chaque caractère, s'agissant du pourcentage du caractère écrit en miroir calculé par rapport à ses écritures pertinentes. Si un caractère n'est pas connu de l'enfant et n'est donc pas écrit, il ne sera pas pris en compte. (Fischer 2010b).

De ces pourcentages « relatifs », nous avons tout d'abord effectué des analyses globales : nous avons vérifié s'il existait une différence significative entre les deux groupes (groupe d'enfants âgés de cinq à six ans *versus* groupe d'enfants âgés de sept à huit ans) et entre les deux tâches d'écriture (dictée *versus* copie). Pour ce faire, nous avons employé le test exact de Wilcoxon pour échantillons indépendants pour la première analyse et pour échantillons appariés pour la seconde analyse. Nous avons analysé si les deux tâches d'écriture (dictée *versus* copie) différaient dans chacun des deux groupes, avec le test exact de Wilcoxon pour échantillons appariés. Nous avons analysé si les deux groupes différaient dans chacune des deux tâches, avec le test exact de Wilcoxon pour échantillons indépendants. Enfin, nous avons analysé si les deux tâches (dictée *versus* copie) différaient selon le genre des enfants en utilisant le test exact de Wilcoxon pour échantillons indépendants et si ces deux tâches différaient dans chacun des deux groupes avec le test exact de Wilcoxon pour échantillons appariés.

Par la suite, nous avons effectué des analyses plus précises afin de répondre aux autres hypothèses que nous avons posées.

Afin de répondre à la première hypothèse, nous avons analysé, dans un premier temps, s'il existait une différence significative entre les caractères orientés vers la droite et ceux orientés vers la gauche, indépendamment des deux tâches d'écriture et des deux groupes. Dans un second temps, nous avons effectué les mêmes analyses, mais en tenant compte des tâches d'écriture et des groupes. Ces analyses ont été réalisées avec le test exact de Wilcoxon.

Ensuite, nous avons séparé la deuxième hypothèse en deux : l'amorçage par l'écriture précédente et les contraintes spatiales.

En ce qui concerne l'amorçage par l'écriture précédente, nous avons tout d'abord mesuré les pourcentages relatifs de la même manière que précédemment et pour les mêmes raisons.

Ensuite, nous avons analysé si les pourcentages médians différaient en fonction de la manière dont la lettre était présentée, à savoir conventionnellement ou en miroir, avec le test exact de Wilcoxon pour échantillons indépendants. Après cela, nous avons effectué une analyse similaire, mais en tenant compte des deux groupes d'enfants.

En ce qui concerne les contraintes spatiales, nous avons utilisé la technique de Cornell (1985) qui avait déjà été exploitée par Fischer (2011). Nous avons attribué un pourcentage arbitraire à chaque prénom afin d'obtenir un indice d'écriture en miroir. Les écritures des prénoms ont été codées en fonction de deux caractéristiques (Fischer & Tazouti, 2012) : le sens de l'écriture (gauche-droite ou droite-gauche) et l'inversion de toutes les lettres asymétriques dans le prénom. Un pourcentage arbitraire d'écriture en miroir de 50% a été accordé à l'écriture d'un prénom orienté de droite à gauche ; les 50 % restants ont été assignés aux lettres individuelles du prénom qui ont été inversées. Par conséquent, un prénom écrit complètement en miroir (écrit de droite à gauche et avec tous les caractères asymétriques inversés) a reçu un score de 100 % ; un prénom écrit de droite à gauche, sans inverser les lettres individuelles, a reçu un score de 50 %, et une écriture normale correcte s'est vu attribuer un score de 0 %. Tous les scores intermédiaires entre 0 % et 100 % étaient possibles. Alors qu'il a été facile d'attribuer un pourcentage arbitraire aux prénoms écrits totalement en miroir, nous avons rencontré plus de difficultés à coder les prénoms écrits partiellement en miroir. Nous avons divisé les 50 % – réservés pour les lettres individuelles – par le nombre de lettres asymétriques. Par exemple, le prénom Marion s'est vu attribué 75 % car il a été écrit de droite à gauche (50 %) et une des deux lettres asymétriques a été écrite en miroir ( $50/2 = 25\%$ ) ; le prénom Rosanna s'est vu attribué 87.5 % car il a été écrit de droite à gauche (50 %) et trois des quatre lettres asymétriques ont été écrites en miroir ( $((50/4)*3 = 37.5\%)$ ). Nous ne tenons pas compte des lettres symétriques. Cette attribution du pourcentage arbitraire<sup>16</sup> fera l'objet d'une discussion ultérieure.

Les enfants ont été invités à écrire deux fois leur prénom dans la condition favorisant l'écriture conventionnelle et deux fois leur prénom dans celle influençant l'émergence de l'écriture en miroir. Dans un premier temps, nous avons évalué s'il existait une différence significative entre les deux conditions favorisant l'écriture conventionnelle, à savoir « ligne médiane » et

---

<sup>16</sup> L'annexe 6 expose les différents pourcentages arbitraires.

« cadre », en utilisant un test exact de Wilcoxon pour échantillons appariés. Ensuite, nous avons analysé s'il existait une différence entre ces deux conditions, en tenant compte des deux groupes d'enfants, dans un premier temps, et en tenant compte de leur genre, dans un second temps. Enfin, nous avons analysé s'il existait une différence significative entre les manières dont les enfants ont écrit leur prénom en procédant à un test de Kruskal Wallis pour échantillons indépendants.

Enfin, afin de répondre à la troisième hypothèse, nous avons tout d'abord codé les réponses de reconnaissance d'orientation de chaque caractère comme correct (0) ou incorrect (1), une réponse incorrecte signifie que l'enfant a accepté une lettre en miroir comme étant correcte ou a considéré une lettre correctement orientée comme incorrecte. Ensuite, les enfants étant invités à écrire convenablement les lettres qu'ils jugeaient incorrectes, nous avons codé leurs écritures, à savoir écriture pertinente, écriture en miroir et écriture non-pertinente (écriture non conforme, absence d'écriture). Les données n'étant pas distribuées normalement, nous avons effectué des corrélations de Spearman. Concrètement :

1. Nous avons évalué s'il existait une relation globale entre l'écriture en miroir et les erreurs de reconnaissance d'orientation.
2. Nous avons évalué cette même relation, mais en excluant les enfants qui ont produit plus d'écritures non-pertinentes par rapport à des écritures pertinentes et en miroir.
3. En gardant ce même échantillon, nous avons évalué s'il existait une relation dans les groupes A et B.
4. Nous nous sommes intéressée à la relation entre l'erreur de reconnaissance de l'orientation et l'écriture en miroir de chaque lettre, indépendamment des enfants.

Ensuite, nous avons vérifié s'il existait une différence significative entre les pourcentages d'erreur des deux groupes et s'il existait une différence significative entre les pourcentages d'erreur lorsque la lettre était présentée conventionnellement et en miroir, et ce, dans les deux groupes. De plus, nous avons vérifié si cette différence en fonction de la manière dont était écrite la lettre différait de manière significative pour chaque lettre. Pour ce faire, nous avons employé le test exact de Wilcoxon pour échantillons indépendants pour les premières analyses et pour échantillons appariés pour la dernière analyse.

## IV. RÉSULTATS

### 1. Introduction

Cette partie sera destinée aux résultats de l'étude.

Nous présenterons d'abord les résultats des analyses descriptives. Ainsi, nous examinerons le contenu des questionnaires des parents. Nous étudierons également la manière dont les enfants ont produit les différents caractères.

Nous proposerons ensuite les résultats des analyses quantitatives afin de tester nos hypothèses de travail. Nous avons effectué des traitements statistiques où la variable dépendante est l'écriture en miroir, alors que les variables indépendantes sont l'orientation des lettres, les contraintes spatiales, les difficultés dans la reconnaissance de l'orientation des lettres, les tâches d'écriture ainsi que l'âge. Nous examinerons alors dans quelle mesure les différents facteurs expliquent l'écriture en miroir.

### 2. Analyses descriptives

#### 2.1. Questionnaires à destination des parents

Sur les 60 questionnaires récoltés, 57 parents (95 %) n'ont pas de ressenti particulier par rapport à la manualité de leur enfant, argumentant que c'est naturel. 1 parent d'enfant gaucher explique qu'à l'heure actuelle, ce n'est plus un problème. 3 parents d'enfants droitiers ont exprimé une préférence pour cette latéralité. En effet, l'un a exprimé que son frère gaucher a rencontré des difficultés dans son enfance, le matériel scolaire n'étant pas toujours adapté. Ce parent est donc rassuré que son enfant soit droitier. Les deux autres parents se disent soulagés que leurs enfants soient droitiers, sans nous en expliquer les raisons.

Étant donné que seulement 5 enfants sur les 60 présentent une préférence pour la main gauche, il n'est pas possible de comparer les avis des parents d'enfants gauchers avec ceux des parents d'enfants droitiers. De plus, les parents d'enfants gauchers n'ont exprimé aucun ressenti particulier sur la manualité de leur enfant.



En ce qui concerne la représentation de l'écriture en miroir chez les parents (Figure 2), 44 parents (73 %) n'ont aucune représentation de ce phénomène. 10 parents (16,67 %) se représentent négativement l'écriture en miroir, 7 de ces parents l'associent à un handicap, à des difficultés, à des problèmes que l'enfant rencontre, alors que 2 l'associent à une dyslexie future et 1 l'associe à un trouble de la mémoire. 6 parents sur 60 (10 %) ont tout de même une représentation positive de l'écriture en miroir et expliquent que c'est une étape normale de l'apprentissage de l'écriture.

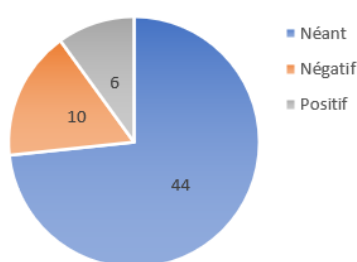


Figure 2. Représentations de l'écriture en miroir chez les parents (n = 60).

Quand nous analysons la représentation des 20 parents ayant observé de l'écriture en miroir chez leur enfant (Figure 3), 8 parents (40 %) n'ont pas d'avis sur le sujet, la représentation n'est donc ni positive ni négative. 7 parents (35 %) ont une représentation négative de l'écriture en miroir, 4 de ceux-ci pensent que leur enfant a plus de difficultés pour apprendre à écrire, 1 pense que leur enfant a un handicap moteur et 2 pensent que leur enfant est dyslexique. 4 parents (20 %) se représentent positivement l'écriture en miroir car, pour eux, c'est une étape intermédiaire à l'écriture conventionnelle.

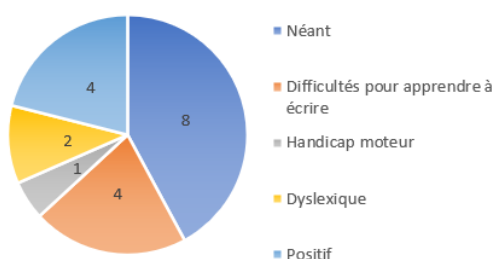


Figure 3. Représentations chez les parents ayant observé de l'écriture en miroir chez leur enfant (n = 20).

Quant au caractère interpellant de l'écriture en miroir, parmi ces 20 parents (Figure 4), 8 n'avaient pas d'avis sur le sujet, 6 d'entre eux ne trouvent pas le phénomène interpellant, alors que les 2 derniers le trouvent interpellant et se questionnent à ce sujet car ils ne le connaissent pas. Des 7 parents qui avaient une représentation négative de l'écriture en miroir, 1 n'est pas inquiet car même si cela montre que son enfant a plus de difficultés lors de

l'apprentissage de l'écriture, ce n'est que le commencement, donc il espère que cela peut s'atténuer ; les 6 autres parents se montrent tout de même interpellés et inquiets quant au futur de leur enfant. Les 4 parents qui se représentaient positivement le phénomène de l'écriture en miroir ne trouvent pas ce dernier interpellant, car celui-ci diminuera au fil de l'apprentissage.



Figure 4. Caractère interpellant de l'écriture en miroir en fonction de la représentation du phénomène par les parents d'enfants qui écrivent en miroir (n = 20).

## 2.2. Formation des caractères asymétriques

7140 sollicitations d'écriture de caractères asymétriques ont été recensées pour toutes les tâches confondues ; parmi celles-ci, 6048 (84.71 %) ont engendré des écritures pertinentes, 368 (5.15 %) ont conduit à des écritures en miroir et 724 (10.14 %) ont engendré des écritures non pertinentes (c'est-à-dire à une absence d'écriture ou à un caractère non conforme).

Pour les analyses suivantes, nous nous concentrerons sur les productions d'écriture en miroir lors des tâches où les enfants étaient invités à écrire deux séries de dix chiffres et deux séries de quinze lettres dictées et le même nombre en copie. Ainsi, sur les 5520 sollicitations, 4836 écritures (87.61 %) ont été classées comme pertinentes, 215 (3.90 %) ont été classés comme écriture en miroir, alors que 469 (8.49 %) ont été jugées non-pertinentes.

Les Figures 5 et 6 reprennent les pourcentages relatifs de chaque caractère asymétrique écrit en miroir, les pourcentages étant calculés par rapport à ses écritures pertinentes et non par rapport à ses sollicitations. Ces différents pourcentages relatifs, n'étant pas distribués normalement, ont fait l'objet d'analyses non paramétriques.

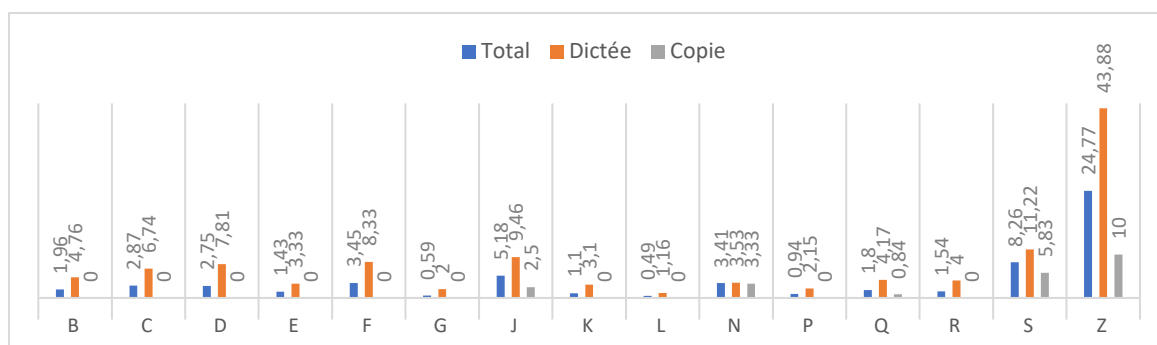


Figure 5. Pourcentages relatifs de l'écriture en miroir des lettres asymétriques

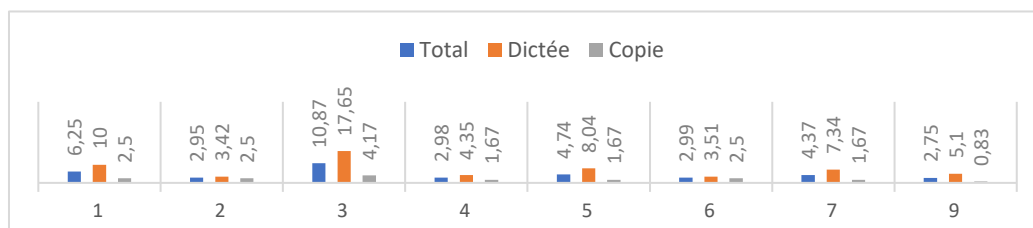


Figure 6. Pourcentages relatifs de l'écriture en miroir des chiffres asymétriques

Ces résultats feront l'objet d'une analyse plus approfondie dans le point suivant. Avant cela, nous allons nous intéresser à la manière dont les enfants écrivent les différents caractères asymétriques qu'ils ont été invités à écrire lors des différentes tâches.

La Figure 7 représente, de manière générale, la formation des différents caractères asymétriques que nous avons pu observer lors de l'écriture des enfants.

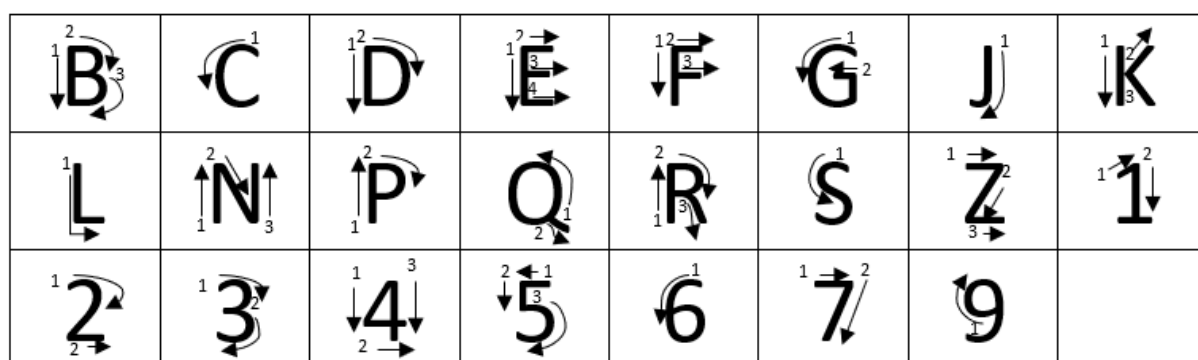


Figure 7. Formation des caractères asymétriques par les enfants.

Certains enfants se sont démarqués dans la manière d'écrire certains caractères puisqu'ils ne suivaient pas le schéma général présenté supra. Nous allons nous intéresser plus particulièrement à la manière dont la formation des caractères a conduit à une écriture en miroir. Intéressons-nous à chaque caractère un à un.

**Lettre B** – L’écriture en miroir de la lettre B a été produite de la même manière par 2 enfants. Ils commencent en bas de la ligne verticale et, d’un trait, sont montés et ont produit deux demi-cercles dans le sens inverse des aiguilles d’une montre l’un à la suite de l’autre.

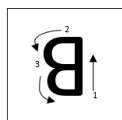


Figure 8. Formation de la lettre B en miroir.

**Lettre C** – 4 enfants ont écrit la lettre C en miroir. 2 l’ont commencé en bas et puis sont montés vers la gauche alors que les 2 autres ont commencé en haut et ont dirigé leur crayon vers le bas à gauche.

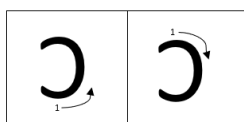


Figure 9. Formation de la lettre C en miroir.

**Lettre D** – L’écriture en miroir de la lettre D a été produite de la même manière par 4 enfants. Ils ont commencé en bas de la ligne verticale et, d’un trait, sont montés, se sont déplacés vers la gauche pour faire l’arrondi et sont redescendus vers le point de départ.

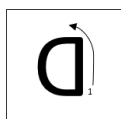


Figure 10. Formation de la lettre D en miroir.

**Lettre E** – 2 enfants ont écrit en miroir la lettre E et l’on fait chacun de manière différente : 1 a commencé en haut à gauche et 1 a commencé en bas à gauche.

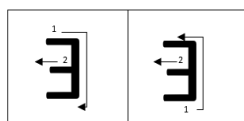


Figure 11. Formation de la lettre E en miroir.

**Lettre F** – 4 enfants ont écrit en miroir la lettre F. 3 enfants ont commencé en bas de la ligne verticale, sont montés et ont tourné vers la gauche alors qu’un enfant a commencé en haut à gauche et puis est descendu pour produire la ligne verticale.

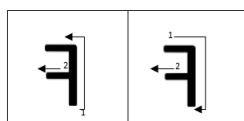


Figure 12. Formation de la lettre F en miroir.

**Lettre G** – L’écriture en miroir de la lettre G n’a été produite que par 1 seul enfant. Ce dernier a commencé par le point en haut et a tourné dans le sens des aiguilles d’une montre pour produire la lettre G en miroir, alors que les autres enfants, qui ont produit l’écriture conventionnelle de cette lettre, ont commencé au même point, mais ont tourné dans le sens contraire des aiguilles d’une montre.

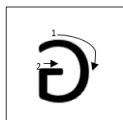


Figure 13. Formation de la lettre G en miroir.

**Lettre J** – L’écriture en miroir de la lettre J a été produite de la même manière par 6 enfants. Ces 6 enfants démarrent en haut, descendent et tournent vers la droite. Les gestes de l’écriture conventionnelle de cette lettre sont les mêmes, hormis la dernière étape où le mouvement est orienté vers la gauche.

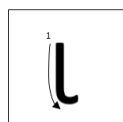


Figure 14. Formation de la lettre J en miroir

**Lettre K** – L’écriture en miroir de la lettre K n’a été produite que par 1 seul enfant. Ce dernier a commencé en bas de l’axe vertical et a ensuite fait les deux traits distinctifs sur la gauche.

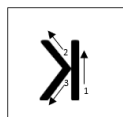


Figure 15. Formation de la lettre K en miroir

**Lettre L** – L’écriture en miroir de la lettre L a été produite que par 1 seul enfant. Ce dernier a commencé à gauche de l’axe horizontal et est ensuite monté pour produire la lettre L.

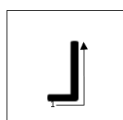


Figure 16. Formation de la lettre L en miroir

**Lettre N** – 4 enfants ont écrit la lettre N en miroir. 3 enfants ont commencé par le point en haut à gauche et, d'un trait, ont produit la lettre N en miroir. 1 enfant a commencé par le point en bas à droite et, d'un trait, il a écrit la lettre N en miroir.

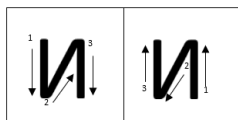


Figure 17. Formation de la lettre N en miroir

**Lettre P** – L'écriture en miroir de la lettre P a été produite de la même manière par 2 enfants. Ces 2 enfants démarrent en bas, montent et tournent vers la gauche.

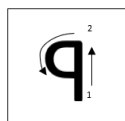


Figure 18. Formation de la lettre P en miroir

**Lettre Q** – L'écriture en miroir de la lettre Q a été produite de la même manière par 2 enfants. Ces 2 enfants commencent en bas à gauche du futur signe distinctif de la lettre et tournent dans le sens des aiguilles d'une montre. Ensuite, ils produisent le signe distinctif vers la gauche. Les enfants, qui ont produit l'écriture conventionnelle de cette lettre, ont commencé à droite du futur signe distinctif, ont tourné dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et ont ensuite produit le signe distinctif vers la droite.

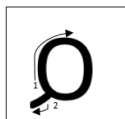


Figure 19. Formation de la lettre Q en miroir

**Lettre R** – L'écriture en miroir de la lettre R a été produite de la même manière par 2 enfants. Ces derniers démarrent en bas à droite, montent et tournent vers la gauche.

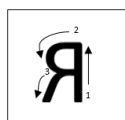


Figure 20. Formation de la lettre R en miroir

**Lettre S** – 12 enfants ont écrit la lettre S en miroir. 5 enfants ont commencé en bas à droite alors que 7 enfants ont commencé en haut à gauche. Les 12 ont ensuite produit un demi-cercle dans le sens des aiguilles d’une montre et puis un autre dans le sens inverse.

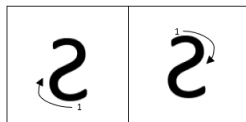


Figure 21. Formation de la lettre S en miroir

**Lettre Z** – 31 enfants ont écrit la lettre Z en miroir. 13 enfants ont commencé en bas à gauche, ont tracé un trait horizontal vers la droite, sont remontés en oblique et ont retracé un trait horizontal vers la droite. 18 enfants ont commencé en haut à droite, ont tracé un trait horizontal vers la gauche, puis sont descendus en oblique et ensuite ont tracé un trait horizontal vers la gauche. Peu importe le point de départ qu’ils aient choisi, tous les enfants ont produit la lettre d’un trait continu.

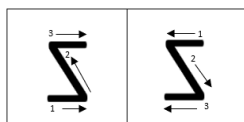


Figure 22. Formation de la lettre Z en miroir

**Chiffre 1** – L’écriture en miroir du chiffre 1 a été produite de la même manière par 7 enfants. Ils ont tous commencé par le point le plus en bas, sont montés verticalement et redescendus en oblique vers la droite.

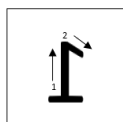


Figure 23. Formation du chiffre 1 en miroir

**Chiffre 2** – 4 enfants ont écrit le chiffre 2 en miroir. 1 a commencé en bas à gauche, a tracé un trait horizontal vers la droite, est monté en oblique puis a fait un demi-cercle dans le sens des aiguilles d’une montre. Les 3 autres ont commencé en haut à droite, ont produit un demi-cercle dans le sens inverse des aiguilles d’une montre, sont descendus en oblique puis ont tracé un trait horizontal vers la gauche. Ils ont tous les 4 écrit ce chiffre d’un seul trait.

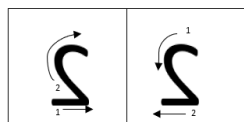


Figure 24. Formation du chiffre 2 en miroir

**Chiffre 3** – 12 enfants ont écrit le chiffre 3 en miroir. 5 enfants ont commencé en bas et ont produit, d'un seul trait, deux demi-cercles dans le sens des aiguilles d'une montre, l'un à la suite de l'autre. 7 enfants ont, quant à eux, commencé en haut et ont produit, d'un seul trait, deux demi-cercles dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

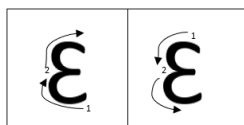


Figure 25. Formation du chiffre 3 en miroir

**Chiffre 4** – L'écriture en miroir du chiffre 4 a été produite de la même manière par 4 enfants. Ils ont tous commencé par produire un axe vertical vers le haut et ont ensuite levé le crayon pour faire une droite horizontale qui commence au milieu de l'axe déjà tracé avant de remonter verticalement.

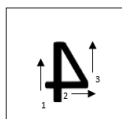


Figure 26. Formation du chiffre 4 en miroir

**Chiffre 5** – L'écriture en miroir du chiffre 5 a été produite de la même manière par 7 enfants. Ils ont tous, d'un seul trait, produit une droite horizontale vers la droite, puis sont descendus et ont produit un demi-cercle dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

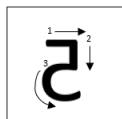


Figure 27. Formation du chiffre 5 en miroir

**Chiffre 6** – L'écriture en miroir du chiffre 6 a été produite de la même manière par 2 enfants. Ils ont commencé par le point le plus en haut et, d'un seul trait, sont descendus et ont tracé un cercle dans le sens des aiguilles d'une montre. Les autres enfants, qui ont produit l'écriture conventionnelle de ce chiffre, ont commencé au même point, mais ont tracé un cercle dans le sens contraire des aiguilles d'une montre.

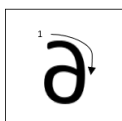


Figure 28. Formation du chiffre 6 en miroir



**Chiffre 7** – 5 enfants ont écrit le chiffre 7 en miroir. 4 enfants ont commencé par le point le plus en bas et, d'un seul trait, sont montés en oblique avant de tracer un trait horizontal vers la droite. 1 enfant a commencé par le point le plus en haut à gauche, a produit, d'un seul trait, un axe horizontal vers la droite et est descendu en oblique vers la droite.

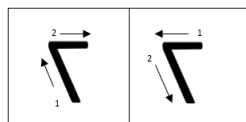


Figure 29. Formation du chiffre 7 en miroir

**Chiffre 9** – 3 enfants ont écrit le chiffre 9 en miroir. 1 enfant a commencé par le point le plus en bas et a tracé une oblique montante vers la gauche pour ensuite tracer un cercle dans le sens des aiguilles d'une montre. 2 enfants ont commencé par faire un cercle dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et ont ensuite tracé le trait distinctif vers la droite en levant leur crayon.

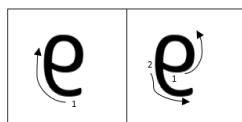


Figure 30. Formation du chiffre 9 en miroir

### 3. Analyses quantitatives

#### 3.1. Analyses globales

Pour toutes les analyses suivantes, nous avons établi la probabilité de 0.05 comme seuil de signification pour rejeter l'hypothèse nulle. De plus, nous avons, pour chaque analyse dont le résultat était statistiquement significatif, calculé la taille de l'effet (nous avons utilisé AI-Therapy (<https://www.ai-therapy.com/psychology-statistics/effect-size-calculator>)).

Nous focaliserons nos premières analyses sur les pourcentages relatifs de l'écriture en miroir exposés à l'entame du point précédent afin de mettre en lumière les premières différences significatives. Nous avons rassemblé, dans le Tableau 1, le résultat de nos observations exprimé en pourcentages relatifs d'écriture en miroir, moyennes (et écarts-types) ainsi que les médianes d'écritures en miroir dans chaque condition.

Tableau 1

*Pourcentages relatifs d'écriture en miroir, moyennes (et écarts-types) ainsi que les médianes d'écritures en miroir dans chaque condition*

	N	Pourcentages relatifs	Moyennes (ET)	Médianes
Groupe A	23	8.02 %	7.59 (5.8)	5.63 %
Groupe B	23	2.01 %	1.97 (6.23)	0.00 %
Filles	23	4.63 %	4.45 (5.31)	2.78 %
Garçons	23	4.27 %	4.09 (5.46)	3.31 %
Dictée	23	8.05 %	9.22 (11.39)	4.72 %
Copie	23	1.74 %	1.87 (3.11)	0.00 %
Dictée – Groupe A	23	16.12 %	15.19 (9)	13.79 %
Dictée – Groupe B	23	3.40 %	3.26 (10.48)	0.00 %
Dictée – Filles	23	8.33 %	7.81 (9.17)	5.56 %
Dictée – Garçons	23	7.79 %	7.31 (9.3)	0.00 %
Copie – Groupe A	23	2.85 %	2.85 (3.37)	1.92 %
Copie – Groupe B	23	0.90 %	0.89 (2.54)	0.00 %
Copie – Filles	23	1.89%	1.88 (27)	0.00 %
Copie – Garçons	23	1.61 %	1.61 (2.48)	0.00 %

*Note.* N = 23, ce sont les 23 caractères asymétriques ; ET, écart-type.

Le groupe A (enfants âgés de cinq à six ans) a obtenu un pourcentage médian d'écriture en miroir supérieur à celui du groupe B (enfants âgés de sept à huit ans) : la médiane d'écriture en miroir pour le groupe A (= 5.63 %) diffère significativement de celle pour le groupe B (= 0.00 %) ( $S = 766$ ,  $p = 0.0001 < 0.05$ ). La taille de l'effet est de  $r = -0.73$ , ce qui signifie que l'effet est moyen. Cette différence signifie que les jeunes enfants produiraient plus d'écritures en miroir.

Si nous tenons compte des tâches d'écriture, la tâche « dictée » conduit à un pourcentage médian d'écriture en miroir (= 4,76 %) significativement différent de celui de la tâche « copie » (= 0.84 %) ( $S = 138$ ,  $p = 0.0001 < 0.05$ ). La taille de l'effet est de  $r = 0.62$ , ce qui signifie que l'effet est moyen. La modalité « dictée » conduirait donc à plus d'écritures en miroir chez les enfants comparativement à la modalité « copie ». Cette différence se retrouve également dans les deux groupes pris séparément. En ce qui concerne le groupe A, le pourcentage médian d'écriture en miroir lors de la tâche « dictée » (= 13.79 %) est significativement

différent de celui de la tâche « copie » ( $= 1.92\%$ ) ( $S = 138, p = 0.0001 < 0.05$ ). La taille de l'effet est de  $r = 0.60$ , ce qui signifie que l'effet est moyen. Il en est de même dans le groupe B : le pourcentage médian d'écriture en miroir lors de la tâche « dictée » ( $= 0.00\%$ ) est égal, mais significativement différent à celui de la tâche « copie » ( $= 0.00\%$ ) ( $S = 20.5, p = 0.0332 < 0.05$ ). La tâche « dictée » conduirait à plus d'écritures en miroir que la tâche « copie » dans les deux groupes, mais la différence est plus importante dans le groupe des enfants de cinq à six ans. Cependant, la taille de l'effet est faible ( $r = 0.31$ ), ce qui nous conduit à être prudent dans nos conclusions.

Prenons en compte les deux groupes dépendamment de chaque tâche afin d'analyser si les deux groupes diffèrent en fonction de la tâche. La tâche « dictée » produit, dans le groupe A, un pourcentage médian d'écriture en miroir ( $= 13.79\%$ ) différent de celui du groupe B ( $= 0.00\%$ ) ( $S = 779, p = 0.0001 < 0.05$ ). La taille de l'effet est fort ( $r = -0.78$ ). Nous constatons cette même différence si nous nous penchons sur la tâche « copie ». Cette dernière produit, dans le groupe A, un pourcentage médian d'écriture en miroir ( $= 1.92\%$ ) différent de celui du groupe B ( $= 0.00\%$ ) ( $S = 646, p = 0.0077 < 0.05$ ). La taille de l'effet est faible ( $r = -0.34$ ), ce qui nous conduit à être prudent dans nos conclusions.

Il n'existe pas de différence significative entre l'écriture en miroir par rapport au genre des enfants ( $S = 507.5, p = 0.4743 > 0.05$ ), que les enfants soient invités à écrire sous dictée ( $S = 516.5, p = 0.6040 > 0.05$ ) ou en copie ( $S = 525, p = 0.7146 > 0.05$ ). Il existe cependant une différence significative lorsque l'on compare les deux tâches dans les deux groupes séparément. La tâche « dictée » a conduit à un pourcentage médian d'écritures en miroir supérieur à celui de la tâche « copie » pour les deux groupes (pour les garçons :  $S = 85.5, p = 0.0001 < 0.05$  ; pour les filles :  $S = 104, p = 0.0001 < 0.05$ ). Les deux tailles d'effet sont moyennes (respectivement  $r = 0.55$  et  $r = 0.57$ ).

Nous n'avons pas réalisé d'analyse concernant la variable indépendante « main d'écriture ». En effet, sur les 60 enfants, 5 seulement sont gauchers : 3 ont présenté une légère préférence et 2 ont montré une préférence plus marquée pour la main gauche. L'échantillon ne comportant que peu d'enfants gauchers, il n'est pas possible de se rendre compte de l'influence de la préférence manuelle sur l'écriture en miroir.

### 3.2. L'orientation des caractères

Prenons maintenant en considération l'orientation des caractères indépendamment de la tâche d'écriture et du groupe, dans un premier temps, et dépendamment de ceux-ci, dans un second temps.

Tableau 2

*Pourcentages relatifs d'écriture en miroir, moyennes (et écarts-types) ainsi que les médianes d'écritures en miroir*

	<b>N</b>	<b>Pourcentages relatifs</b>	<b>Moyennes (ET)</b>	<b>Médianes</b>
Caractère droit	16	2.67 %	3.08 (3.87)	2.05 %
Caractère gauche	7	8.19 %	8.68 (9.55)	7.04 %
Caractère droit – Groupe A	16	5.66 %	5.46 (4.24)	4.67 %
Caractère droit – Groupe B	16	0.77 %	0.70 (0.97)	0.00 %
Caractère droit – Dictée	16	5.03 %	6.61 (7.29)	3.96 %
Caractère gauche – Groupe A	7	12.75 %	12.47 (6.22)	9.68 %
Caractère gauche – Groupe B	7	4.77 %	4.90 (11.21)	0.73 %
Caractère gauche – Dictée	7	13.60 %	15.2 (16.33)	11.89 %
Caractère droit – Dictée – Groupe A	16	12.21 %	12.16 (6.46)	10.87 %
Caractère droit – Dictée – Groupe B	16	1.14 %	1.06 (1.60)	0.00 %
Caractère gauche – Dictée – Groupe A	7	22.57 %	22.12 (10.57)	19.23 %
Caractère gauche – Dictée – Groupe B	7	7.83 %	8.27 (18.82)	1.47 %
Caractère droit – Copie	16	0.99 %	1.19 (2.56)	0.00 %
Caractère gauche – Copie	7	3.46 %	3.42 (3.76)	2.88 %
Caractère droit – Copie – Groupe A	16	1.79 %	1.92 (3.37)	0.00 %
Caractère droit – Copie – Groupe B	16	0.46 %	0.46 (1.03)	0.00 %
Caractère gauche – Copie – Groupe A	7	4.96 %	4.96 (2.44)	3.92 %
Caractère gauche – Copie – Groupe B	7	1.89 %	1.90 (4.38)	0.00 %

*Note.* N = 16, ce sont les 16 caractères orientés vers la droite ; N = 7, ce sont les 7 caractères orientés vers la gauche ; ET, écart-type.

Il y a 16 caractères orientés vers la droite (B, C, D, E, F, G, K, L, N, P, Q, R, S, 4, 5, 6) et 7 caractères orientés vers la gauche (J, Z, 1, 2, 3, 4). Il n'existe pas de différence significative entre la médiane des caractères orientés vers la droite (= 2.05%) et celle des caractères orientés vers la gauche (= 7.04 %) ( $S = 398.5$ ,  $p = 0.0956 > 0.05$ ).

S'il n'existe pas de différence significative indépendamment de la tâche d'écriture et du groupe, les pourcentages médians des caractères orientés vers la droite et vers la gauche diffèrent significativement lorsque nous isolons les groupes et les tâches.

Les écritures des caractères orientés vers la droite ont conduit à un pourcentage médian d'écritures en miroir (= 4,67 %) différent de celui des caractères orientés vers la gauche (= 9,68 %) dans le groupe A ( $S = 127$ ,  $p = 0.0027 < 0.05$ ). La taille de l'effet est de  $r = -0,60$ , ce qui signifie que l'effet est moyen. Cependant, nous ne retrouvons pas de différence significative dans le groupe B ( $S = 90.5$ ,  $p = 0.6599 > 0.05$ ).

Si nous tenons compte de la tâche, nous n'observons pas de différence significative, lors de la tâche « dictée », entre les caractères orientés vers la droite et ceux orientés vers la gauche ( $S = 390$ ,  $p = 0.1440 > 0.05$ ). Toutefois, nous observons une différence significative entre ces caractères lors de la tâche « copie ». Les écritures des caractères orientés vers la droite ont conduit à un pourcentage médian d'écritures en miroir (= 0.00 %) différent de celui des caractères orientés vers la gauche (= 2.88 %) ( $S = 422$ ,  $p = 0.0105 < 0.05$ ). Cependant, la taille de l'effet est faible ( $r = -0.38$ ), ce qui nous conduit à être prudent dans nos conclusions.

Nous avons observé une différence significative d'écritures en miroir entre les caractères orientés vers la gauche et ceux orientés vers la droite dans le groupe A. Il est donc intéressant d'analyser si cette différence existe ou non, dépendamment de la tâche. En ce qui concerne la tâche « dictée », le pourcentage médian d'écritures en miroir pour les caractères orientés vers la droite (= 10.87 %) diffère significativement de celui pour les caractères orientés vers la gauche (= 19.23%) ( $S = 118$ ,  $p = 0.0225 < 0.05$ ). La taille de l'effet est de  $r = -0,46$ , ce qui signifie que l'effet est moyen. Il en est de même pour la tâche « copie » : le pourcentage médian d'écritures en miroir pour les caractères orientés vers la droite (= 0.00 %) diffère significativement de celui pour les caractères orientés vers la gauche (= 3.92 %) ( $S = 122$ ,  $p = 0.0070 < 0.05$ ). La taille de l'effet est de  $r = -0,56$ , ce qui signifie que l'effet est moyen.

### 3.3.L'amorçage par l'écriture précédente

Afin d'analyser l'amorçage visuel par l'écriture précédente, nous avons éliminé, de l'échantillon, un enfant n'ayant produit aucune écriture pertinente lors de cette tâche. Nous avons rassemblé, dans le Tableau 3, le résultat de nos observations exprimé en pourcentages relatifs d'écriture en miroir, moyennes (et écarts-types) ainsi que les médianes d'écritures en

miroir dans chaque condition. L'annexe 7 regroupe les différents pourcentages obtenus pour les trois caractères en fonction de la lettre précédente.

Tableau 3

*Pourcentages relatifs d'écriture en miroir, moyennes (et écarts-types) ainsi que les médianes d'écritures en miroir*

	N	Pourcentages relatifs	Moyennes (ET)	Médianes
Lettre présentée conventionnellement	6	12.91 %	14.81 (16.25)	10.84 %
Lettre présentée en miroir	6	9.01 %	10.50 (10.21)	8.04 %
Groupe A	12	24.44 %	23.55 (10.75)	20.53 %
Groupe B	12	1.80 %	1.76 (2.00)	1.47 %
Groupe A – Lettre présentée conventionnellement	6	28.47 %	27.58 (13.54)	24.53 %
Groupe B – Lettre présentée conventionnellement	6	2.04 %	2.04 (2.45)	1.47 %
Groupe A – Lettre présentée en miroir	6	10.15 %	19.52 (5.65)	18.33 %
Groupe B – Lettre présentée en miroir	6	1.55 %	1.48 (1.63)	1.47 %

*Note.* N = 6, ce sont les 6 caractères présentés soit conventionnellement soit en miroir ; N = 12, ce sont les 6 caractères présentés conventionnellement et en miroir ; ET, écart-type.

Globalement, les résultats obtenus mettent en évidence une absence de différence significative concernant le pourcentage médian d'écritures en miroir en fonction que la lettre précédente soit présentée conventionnellement (= 10.84 %) ou en miroir (= 8.04 %) ( $S = 160.5$ ,  $p = 0.5567 > 0.05$ ). Nous obtenons la même conclusion lorsque nous séparons les deux groupes : il n'y a pas de différence significative concernant le pourcentage médian d'écritures en miroir en fonction que la lettre précédente soit présentée conventionnellement ou en miroir, dans le groupe A ( $S = 47$ ,  $p = 0.2338 > 0.05$ ) et dans le groupe B ( $S = 41.5$ ,  $p = 0.7078 > 0.05$ ).

Si nous prenons en compte les deux groupes d'enfants, le groupe A (= 20.53 %) obtient un pourcentage médian d'écritures en miroir significativement différent de celui du groupe B (= 1.47 %) ( $S = 222$ ,  $p = 0.0001 < 0.05$ ). La taille de l'effet est forte ( $r = -0.86$ ).

Lorsque nous comparons l'influence de chaque lettre sur l'écriture en miroir du caractère demandé, nous n'observons qu'une seule différence significative. La lettre C présentée en miroir produit un pourcentage d'écritures en miroir significativement différent de celui de la lettre C présentée conventionnellement ( $S = 22$ ,  $p = 0.0215 < 0.05$ ). Cette différence est également observée dans le groupe A ( $S = 14$ ,  $p = 0.0156 < 0.05$ ). Toutefois, les deux tailles de

l'effet sont faibles (respectivement  $r = 0.23$  et  $r = 0.37$ ), ce qui nous conduit à être prudent dans nos conclusions.

### 3.4. Les contraintes spatiales

En reprenant la technique de Cornell (1985) que Fischer (2011) avait déjà réutilisée, nous avons analysé s'il existait une différence significative entre les pourcentages arbitraires des différentes productions de prénom.

Les productions en miroir vertical sont inexistantes. Chaque enfant a écrit correctement son prénom lorsque l'écriture conventionnelle a été encouragée. Nous ne tiendrons donc pas compte de cette condition dans les analyses. La Figure 31 montre la fréquence à laquelle chaque prénom a été écrit, selon la manière dont il a été écrit et selon la condition. Le Tableau 4 rassemble les pourcentages relatifs d'écriture en miroir, moyennes (et écarts-types) ainsi que les médianes d'écritures en miroir dans chaque condition.

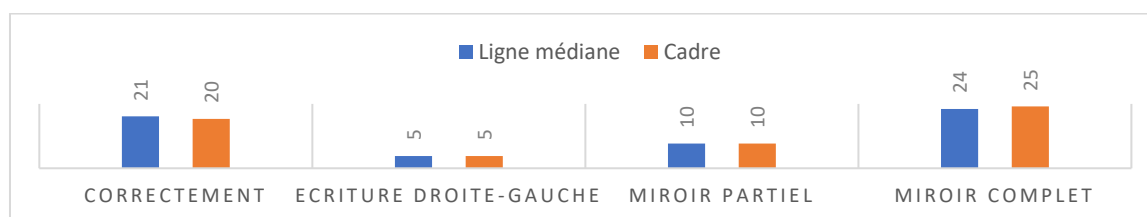


Figure 31. Fréquences des prénoms en condition favorisant l'écriture en miroir.

Tableau 4

*Moyennes (et écarts-types) et médianes des pourcentages arbitraires dans chaque condition*

	N	Moyennes (ET)	Médianes
Ligne médiane	60	55.79 (43.62)	58.33 %
Cadre	60	57.53 (43.10)	61.25 %
Ligne médiane – Groupe A	26	62.98 (39.27)	63.33 %
Ligne médiane – Groupe B	34	50.29 (45.50)	50.00 %
Cadre – Groupe A	26	60.75 (37.94)	59.33 %
Cadre – Groupe B	34	55.07 (47.07)	68.75 %
Ligne médiane – Garçons	31	55.38 (43.49)	50.00 %
Lignes médiane – Filles	29	56.23 (44.53)	66.66 %
Cadre – Garçons	31	57.39 (43.72)	62.50 %
Cadre - Fille	29	57.68 (43.19)	60.00 %

Note. ET, écart-type.

Les conditions « Ligne médiane » et « Cadre » n’obtiennent pas un pourcentage médian significativement différent, respectivement 58,33 et 60 ( $S = -4$ ,  $p = 0.5625 > 0.05$ ). Si nous prenons en compte les deux groupes d’enfants, ces deux conditions ne produisent pas non plus un pourcentage médian d’écritures en miroir significativement différent ( $S = 829$ ,  $p = 0.5795 > 0.05$ ). De plus, le pourcentage médian d’écritures en miroir ne diffère pas significativement selon le genre des enfants ( $S = 890.5$ ,  $p = 0,9296 > 0,05$ ).

Vu qu’il n’existe pas de différence significative entre les deux conditions et entre les deux groupes, nous analyserons les résultats indépendamment de ces quatre conditions en utilisant la moyenne des deux pourcentages arbitraires. Dans la condition qui encourageait l’écriture en miroir, 19 enfants (30 %) ont écrit correctement leur prénom. De ces enfants, 8 ont traversé la contrainte spatiale et 10 n’ont pas pris en compte la consigne et n’ont donc pas commencé par le point. Dans cette même condition, 42 enfants (70 %) ont écrit leur prénom en miroir. De ces enfants, 6 ont écrit de droite à gauche sans inverser les lettres, 13 ont écrit de droite à gauche en inversant certaines lettres et 23 ont écrit de droite à gauche en inversant toutes les lettres. La Figure 32 permet d’avoir une vision plus claire de la fréquence de la manière dont les enfants ont écrit leur prénom.

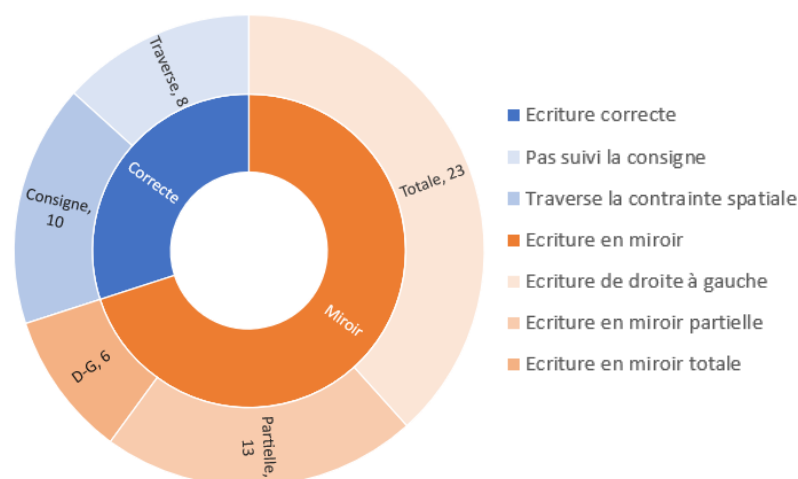


Figure 32. Différentes manières dont les enfants ont écrit leur prénom dans la condition favorisant l’écriture en miroir, en fonction de leur écriture correcte ou en miroir.

Ces différentes manières d’écrire le prénom lors de la condition favorisant l’écriture en miroir ne diffèrent pas significativement. En effet, en procédant à un test de Kruskal Wallis pour échantillons indépendants, les probabilités de dépassement des comparaisons des médianes deux à deux vont de 0.7148 à 1.00, supérieures à 0.05.



### 3.5. Difficultés dans la reconnaissance de l'orientation

La tâche d'écriture dépendante de la tâche cinq n'a pas permis d'analyser les différentes écritures en miroir pour chaque caractère. En effet, cette tâche d'écriture fût biaisée pour plusieurs raisons :

1. Cette tâche fût la dernière, donc les enfants ont pu assimiler l'orientation des caractères.
2. La consigne de cette tâche était d'écrire convenablement la lettre présentée si l'enfant jugeait que celle-ci n'était pas bien orientée. Certains enfants n'ont donc pas écrit certaines lettres car ils ne les ont pas jugées comme mal orientées. Il n'est donc pas possible d'analyser s'il existe une corrélation entre une non-production d'écriture et une erreur de reconnaissance de l'orientation.
3. Selon la consigne, les enfants étaient invités à écrire la lettre lorsque celle-ci leur est présentée en miroir, l'écriture de ladite lettre pouvait donc être influencée par la mauvaise orientation présentée (et donc reproduite en miroir).

Pour vérifier cette dernière possibilité, nous analyserons donc s'il existe une corrélation entre les erreurs de reconnaissance d'orientation avec la tâche où les enfants étaient invités à écrire sous dictée, c'est-à-dire la tâche trois.

Pour chaque enfant, un score d'écriture en miroir a donc été calculé sur base de la tâche trois, à savoir lorsque les enfants ont été invités à écrire sous dictée deux séries de quinze lettres. Le score d'erreur de la reconnaissance de l'orientation a été calculé par enfant comme la proportion de réponses incorrectes sur la tâche de reconnaissance.

Il existe une relation négative modérée entre l'âge des enfants et les erreurs de reconnaissance de l'orientation ( $\rho = -0,65$ ,  $p = 0,0001 < 0,05$ ). Ces dernières diminueraient avec l'âge. L'écriture en miroir diminuerait également avec l'âge, mais la corrélation est plus faible ( $\rho = -0,35$ ,  $p = 0,0273 < 0,05$ )<sup>17</sup>. La relation globale entre l'écriture en miroir et les erreurs de reconnaissance d'orientation est modérée ( $\rho = 0,42$ ,  $p = 0,0016 < 0,05$ ).

---

<sup>17</sup> Cette corrélation a été mesurée sur un échantillon qui exclut les enfants ont eu plus d'absence d'écritures que d'écritures pertinentes et en miroir réunies ( $n = 40$ ).

Vu qu'il existe une relation modérée ( $\rho = 0,52$ ,  $p = 0,0001 < 0,05$ ) entre les erreurs de reconnaissance d'orientation et la production de formes non-pertinentes (absence d'écriture, lettre minuscule), nous excluons, des analyses suivantes, les enfants qui ont produit plus d'écritures non-pertinentes. La relation entre l'écriture en miroir et les erreurs de reconnaissance d'orientation reste modérée dans ce sous-échantillon<sup>18</sup> ( $\rho = 0,55$ ,  $p = 0,0001 < 0,05$ ). Cette relation est également modérée dans le groupe B ( $\rho = 0,49$ ,  $p = 0,004 < 0,05$ ), alors qu'elle n'est pas significative dans le groupe A ( $\rho = 0,52$ ,  $p = 0,08 > 0,05$ ).

Ensuite, nous nous sommes intéressé à l'erreur de reconnaissance de l'orientation et à l'écriture en miroir de chaque lettre, indépendamment des enfants. Pour chaque lettre, nous avons utilisé le pourcentage relatif d'écritures en miroir calculé précédemment et nous avons calculé le pourcentage d'erreurs de reconnaissance d'orientation. La Figure 33 montre une relation positive forte ( $\rho = 0,80$ ,  $p = 0,0003 < 0,05$ ) entre le taux d'écriture en miroir et les erreurs de reconnaissance de l'orientation des quinze lettres.

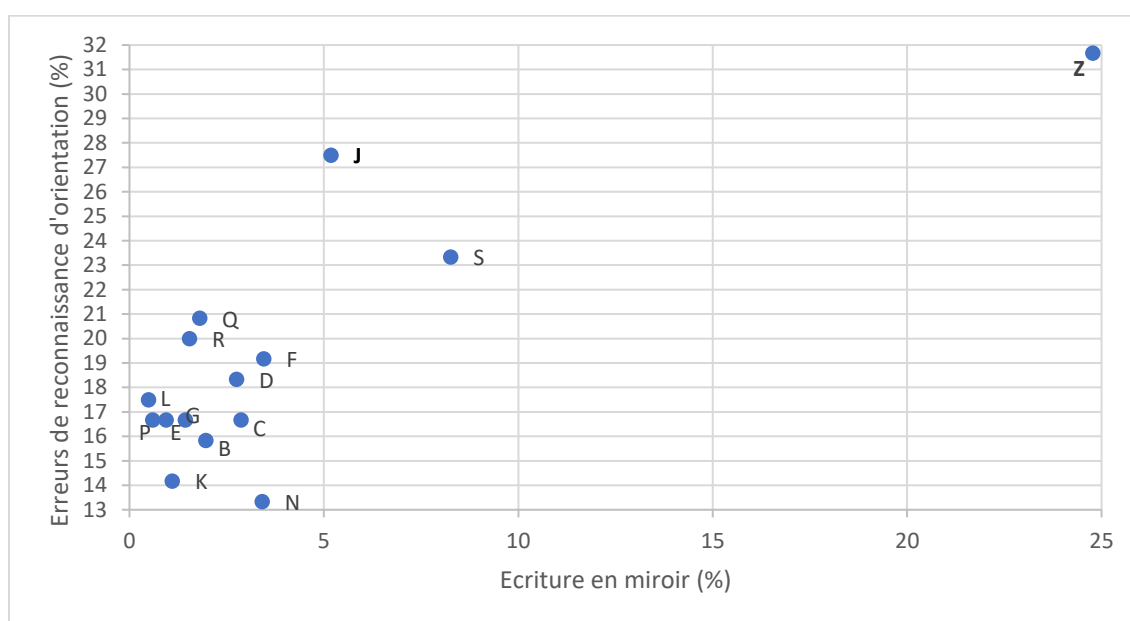


Figure 33. La relation positive entre l'écriture en miroir et les erreurs de reconnaissances d'orientation

Observons maintenant les pourcentages d'erreurs de reconnaissance de l'orientation afin de mettre en évidence les différences statistiques.

<sup>18</sup> N = 40 ; Le groupe A compte plus que 12 enfants tandis que le groupe B en compte encore 28.

Tableau 5

*Moyennes (et écarts-types) et médianes des pourcentages d'erreurs de reconnaissance d'orientation dans chaque condition*

	N	Moyennes (ET)	Médianes
Lettre présentée conventionnellement	15	13.07 (10.03)	11.54 %
Lettre présentée en miroir	15	31.28 (16.02)	34.61 %
Groupe A	30	31.92 (15.32)	34.61 %
Groupe B	30	12.43 (9.88)	11.54 %
Lettre présentée conventionnellement – Groupe A	15	19.49 (9.47)	15.38 %
Lettre présentée conventionnellement – Groupe B	15	6.67 (5.29)	7.69 %
Lettre présentée en miroir – Groupe A	15	44.36 (8.07)	42.31 %
Lettre présentée en miroir – Groupe B	15	18.20 (10.01)	15.38 %

*Note.* N = 15, ce sont les 15 les asymétriques ; ET, écart-type.

Nous observons une différence significative ( $S = 1073$ ,  $p = 0.0001 < 0.05$ ) entre le pourcentage médian d'erreurs de reconnaissance de l'orientation pour le groupe A (= 34.61 %) et celui pour le groupe B (= 11.54 %). La taille de l'effet est modérée ( $r = - 0.54$ ). Nous remarquons qu'il existe une différence significative ( $S = 624.5$ ,  $p = 0.001 < 0.05$ ) entre le pourcentage médian des erreurs de reconnaissance lorsque la lettre est présentée en miroir (= 34.61 %) et celui lorsqu'elle est présentée correctement (= 11.54 %). La taille de l'effet est modérée ( $r = - 0.56$ ). Cette différence se retrouve dans le groupe A ( $S = 126$ ,  $p = 0.0001 < 0.05$ ) et dans le groupe B ( $S = 152.5$ ,  $p = 0.003 < 0.05$ ). Les tailles de l'effet sont respectivement forte ( $r = - 0.81$ ) et modérée ( $r = - 0.61$ ).

Si nous prenons chaque lettre séparément, nous observons que les erreurs de reconnaissance d'orientation sont significativement différentes lorsque les lettres sont présentées en miroir par rapport à celles présentées conventionnellement (sauf pour les lettres C, N et P). Lorsque l'on prend les groupes séparément, nous observons ces différences pour les lettres B, D, E, G, J, L, P et Q dans le groupe A alors que nous observons cette différence seulement pour la lettre S dans le groupe B. Toutefois, les tailles d'effet sont faibles, ce qui nous conduit à être prudent dans nos conclusions. Les différents pourcentages d'erreurs pour chaque lettre et les différentes équations statistiques ainsi que les tailles de l'effet se trouvent en annexe 8.

Lors de cette tâche de reconnaissance d'orientation, nous avons demandé à chaque enfant d'expliquer, pour chaque lettre, pourquoi jugeait-il que celle-ci n'était pas bien écrite. Tous

les enfants sans exception ont donné la même raison, à savoir que la lettre devrait être dans l'autre sens. Reprenons cependant les réponses de certains enfants qui ont retenu notre attention. 2 enfants ont donné comme raison que le point de départ n'était pas le bon ; par exemple pour la lettre N, les enfants ont expliqué qu'il fallait commencer par le bas et puis aller vers le haut. 1 enfant a donné comme explication le sens de la lecture ; par exemple pour la lettre C, il a expliqué que nous lisons vers la droite et donc la lettre C en miroir étant vers la gauche, il n'était pas possible de la lire. Un dernier enfant de sept ans a donné plusieurs raisons intéressantes et a utilisé la méthode des Alphas. Par exemple, pour la lettre Q, il a dit que Madame Q est toujours suivie de Mademoiselle U et donc que sa main doit toujours tenir la main de Mademoiselle U. Pour la lettre L, il a expliqué que la tête de la limace devrait être de l'autre côté. Il a ajouté qu'il se croyait dans un autre pays. Il a également raisonné selon la direction de l'écriture. Par exemple, pour la lettre J, il a expliqué que s'il devait écrire le prénom « Julie », il ne pourrait pas aller vers la droite, il devrait aller vers la gauche parce que s'il prolonge la boucle, celle-ci va vers la gauche.

## V. DISCUSSION

### 1. Introduction

Cette partie sera destinée à discuter des résultats présentés précédemment. Pour cela, nous suivrons les cinq hypothèses présentées dans la partie méthodologie afin de mettre en évidence les différents résultats que nous avons obtenus. Nous suggérerons ensuite d'éventuelles perspectives pédagogiques et nous conclurons par les limites de notre méthodologie.

### 2. Discussion

Avant de discuter de nos résultats en suivant les hypothèses, il nous semble important d'examiner d'abord les représentations de l'écriture en miroir chez les parents ainsi que les formations d'écriture en miroir des enfants.

Sept sur les vingt parents qui ont observé de l'écriture en miroir chez leur enfants, ont une représentation négative de ce phénomène ; ils pensent que leur enfant a plus de difficultés pour apprendre à écrire, que leur enfant a un handicap moteur ou encore qu'il est dyslexique. Cette représentation peut être expliquée par les recherches anciennes qui se concentraient sur des populations spécifiques, des cas pathologiques ou sur des enfants présentant des troubles de l'apprentissage (Gordon, 1921 ; Lebrun, 1990 ; Orton, 1925). Cinq des vingt parents se représentent positivement l'écriture en mémoire comme étant une étape intermédiaire à l'écriture conventionnelle.

En ce qui concerne la formation des écritures en miroir par les enfants, nous pouvons observer que les lettres ressemblant à un cercle (G, Q) ont été écrites en miroir dans le sens des aiguilles d'une montre, alors que ces deux lettres ont été écrites correctement dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Meulenbroek et al. (1993) et Thomassen et Teulings (1979) ont mis en évidence que les jeunes enfants dessinent les cercles dans le sens des aiguilles d'une montre, alors que les enfants plus âgés préfèrent l'autre sens ; l'apprentissage de l'écriture a des conséquences sur le dessin. Si nous nous référons à ces auteurs, nous pouvons énoncer que

les enfants écrivent comme ils dessinent, c'est-à-dire dans le sens des aiguilles d'une montre, mais en apprenant les gestes moteurs nécessaires pour former une lettre correctement orientée, ils apprennent alors à produire les lettres dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Il en est de même pour la lettre S, peu importe le point de départ par lequel les enfants ont commencé, ils ont tous débuté par faire un demi-cercle dans le sens des aiguilles d'une montre.

Ces observations sont bien évidemment très limitées et reposent sur quelques cas. Il serait intéressant d'observer, sur un plus grand échantillon, la manière dont les enfants écrivent les caractères en miroir afin d'analyser les similarités et/ou les disparités.

### 2.1.Première hypothèse : l'orientation des caractères

Contrairement à notre hypothèse, les résultats ont montré que l'écriture en miroir ne concerne pas plus souvent les caractères tournés vers la gauche que ceux tournés vers la droite.

Toutefois, si nous isolons les résultats des deux groupes, nous remarquons que, chez les enfants âgés de cinq à six ans, les caractères orientés vers la gauche sont plus souvent écrits en miroir que ceux orientés vers la droite. Ce constat a été observé dans les deux tâches d'écriture (dictée et copie). Les jeunes enfants appliqueraient donc la règle implicite (Fischer, 2011a, 2017a ; Fischer & Koch, 2016a, 2016b ; Fischer & Tazouti, 2012 ; Treiman et al., 2014) de l'écriture orientée vers la droite lorsqu'ils ne se souviennent plus de l'orientation d'un caractère. Nous n'observons pas ces résultats chez les enfants âgés de sept à huit ans, étant donné qu'ils ont appris l'orientation des lettres. Ils utiliseraient moins la règle implicite citée précédemment.

De plus, Fischer (2010b) suggère que le point de départ influence l'orientation d'un caractère. C'est également ce que nous avons observé lorsque nous avons relevé la manière dont les enfants formaient les lettres en miroir. Comme Fischer (2010b), nous avons observé que les enfants qui écrivent les chiffres 1 et 7 en commençant par le bas ont plus de probabilité de les inverser en appliquant la règle d'écriture vers la droite. Prenons deux autres exemples : les enfants qui écrivent la lettre N en commençant en haut à gauche ont plus de probabilité de l'écrire en miroir en appliquant la règle implicite ; il en est de même pour les enfants qui

écrivent la lettre L en commençant en bas à gauche, en appliquant la règle implicite, ils ont davantage tendance à l'écrire en miroir.

## 2.2. Deuxième hypothèse : l'influence du contexte

Contrairement à notre hypothèse, les résultats ont montré que l'écriture précédente n'a pas produit plus d'écritures en miroir, que la lettre présentée soit écrite conventionnellement ou en miroir. Ce qui est contradictoire avec les résultats obtenus par Fischer (2011b) ; ce dernier avait utilisé un amorçage sensori-moteurs où les enfants étaient invités à écrire les deux caractères, alors que notre amorçage était visuel (les enfants devaient écrire une lettre à la suite d'un caractère déjà écrit ou non en miroir). Cette différence d'approche pourrait expliquer la divergence au niveau des résultats.

Toutefois, nous avons observé que la lettre C présentée en miroir conduit à plus d'écritures en miroir du chiffre 3 que la lettre C présentée conventionnellement chez les enfants âgés de cinq à six ans. Cette conclusion va à l'encontre de ce que Fischer (2011b) avait observé. Selon lui, l'écriture correcte de la lettre C ravive la règle implicite de l'écriture vers la droite qui influence donc l'écriture du chiffre 3 en miroir, alors que l'écriture en miroir de la lettre C active une règle opposée d'orientation vers la gauche qui influe l'écriture correcte du chiffre 3. Cette divergence de résultat pourrait être mise en lien avec la différence d'amorçage entre l'étude de Fisher et la nôtre. Dans notre cas, les enfants ne se seraient pas appuyés sur l'amorçage visuel de la lettre précédente pour écrire mais sur leur connaissance implicite de l'orientation vers la droite, ce qui a donné lieu à l'écriture en miroir du chiffre 3 (orienté normalement vers la gauche). L'amorçage visuel n'aurait donc aucune influence.

Les résultats obtenus avec l'écriture du prénom sont en accord avec notre hypothèse : l'écriture en miroir est influencée par des contraintes spatiales. Ainsi, s'il n'y a pas de place suffisante à droite, les enfants écrivent plus souvent en miroir. Ces résultats sont en accord avec les recherches sur le sujet (Cornell, 1985 ; Fischer, 2011a, 2011b ; Fischer & Tazouti, 2012 ; Simner, 2005).

Lorsqu'un point était situé à gauche d'une contrainte spatiale, ne laissant ainsi pas assez de place pour écrire à l'endroit, les enfants écrivent plus souvent en miroir. Ils écrivent alors de droite à gauche. Toutefois, certains enfants, qui ont écrit convenablement dans cette

condition, n'ont soit pas pris en compte la consigne et n'ont donc pas commencé par le point, soit n'ont pas tenu compte de la contrainte spatiale.

Lorsque les enfants étaient invités à écrire les séries de lettres et de chiffres en dictée ou en copie, nous avons également pu observer l'influence du manque de place dans la production d'écriture en miroir. En effet, la plupart des enfants qui ont écrit en miroir les lettres B, D, F, K, P et R avaient formé l'axe vertical trop près de la fin de la case. Ainsi, ils n'ont pas eu d'autres choix que d'orienter ces lettres vers la gauche afin de ne pas dépasser dans la case suivante. Ceci peut être mis en lien avec l'observation de Simner (2005) : un enfant, par manque de place, pouvait remplacer un « d » par un « b », ayant d'abord formé l'axe vertical soit trop près du bord gauche de la feuille soit trop près de la lettre précédente.

### 2.3. Troisième hypothèse : les difficultés dans la reconnaissance de l'orientation

Les résultats obtenus sont en accord avec notre troisième hypothèse : ils ont montré que l'écriture en miroir et les erreurs de reconnaissance de l'orientation étaient corrélés positivement. Ainsi, plus l'enfant produit d'écritures en miroir et plus il commet d'erreurs de reconnaissance de l'orientation des caractères. Ces résultats sont en accord avec l'étude de McIntosh, Hillary, Brennan et Lechowicz (2018).

Les erreurs de reconnaissance de l'orientation étaient également corrélées positivement avec l'absence d'écriture. Si l'on se réfère à Corballis et Beale (1976), les enfants n'ont pas encore mémorisé l'apprentissage des formes des caractères (absence d'écriture sous dictée) et donc, il est normal qu'ils commettent plus d'erreurs de reconnaissance de l'orientation, n'ayant pas encore appris l'orientation des caractères. Selon ces auteurs, l'apprentissage de l'orientation des lettres vient à la suite de l'apprentissage de la forme des lettres. L'écriture en miroir étant une étape intermédiaire entre ces deux apprentissages, celle-ci est donc corrélée aux erreurs de reconnaissance de l'orientation puisque les enfants prennent plus de temps à mémoriser l'orientation de chaque caractère.

Les enfants commettent plus d'erreurs de reconnaissance de l'orientation lorsque la lettre présentée est écrite en miroir que lorsqu'elle est écrite conventionnellement. Cela signifie qu'ils ont tendance à choisir plus fréquemment les lettres inversées plutôt que de rejeter les lettres correctement orientées. L'influence de la lettre présentée est plus marquée chez les



jeunes enfants comparativement aux enfants plus âgés. Les enfants plus jeunes auraient davantage tendance à généraliser les formes en miroir (Corballis & Beale, 1976 ; Dehaene, 2010 ; Dehaene et al., 2010 ; Pegado et al., 2011). Au fil de l'apprentissage de l'écriture, les enfants plus âgés désapprennent cette généralisation automatique en miroir des caractères afin qu'ils puissent distinguer une lettre et son miroir (Corballis & Beale, 1976 ; Dehaene, 2010 ; Pegado et al., 2011).

#### 2.4. Quatrième hypothèse : l'influence de la dictée sur l'écriture en miroir

Les résultats ont montré que les enfants écrivent plus souvent en miroir des lettres et des chiffres dictés que lorsqu'ils les copient. Ces résultats sont en accord avec les recherches sur le sujet (Fischer & Koch, 2016a ; Tischer & Tazouti, 2012).

Corballis et Beale (1976) et Dehaene (2007) déclarent que l'écriture en miroir est un problème de mémoire et non de perception. Ainsi, les enfants doutent de l'orientation des caractères, mais en observant un modèle, peuvent les orienter correctement les caractères.

De plus, Fischer et Koch (2016b) suggèrent que cette hypothèse est liée à la question de l'âge. En tenant compte des deux groupes, nous avons observé que la tâche d'écriture sous dictée conduit à plus d'écritures en miroir que la tâche d'écriture en copie chez les enfants âgés de cinq à six comparativement à ceux âgés de sept à huit ans. Au fil de l'apprentissage de l'écriture, les enfants plus âgés ne doutent plus de l'orientation des caractères, ils n'ont donc plus besoin de recevoir une information visuelle avant de l'écrire correctement.

#### 2.5. Cinquième hypothèse : le niveau de scolarité

Les résultats obtenus ont montré que l'écriture en miroir est davantage présente chez les enfants de cinq à six ans que chez les enfants de sept à huit ans. Ces résultats sont en accord avec les recherches sur le sujet (Dehaene, 2007, Della Sala & Cubelli, 2009 ; Fischer & Tazouti, 2012).

A chaque tâche proposée, nous avons observé que plus l'âge des enfants augmente, plus ces derniers produisent de l'écriture et moins celle-ci est en miroir. Comme l'apprentissage de l'orientation des caractères se réalise après l'apprentissage de leur forme et comme l'écriture en miroir est une étape intermédiaire entre ces deux apprentissages, il apparaît normal que les jeunes enfants ne produisent pas beaucoup d'écriture et s'ils le font, elles seront plus

souvent en miroir. En effet, les enfants plus âgés, ayant en mémoire l'orientation des caractères, produisent moins d'écriture en miroir. Toutefois, ceux-ci peuvent encore en produire en fonction de leurs caractéristiques individuelles, de caractères plus complexes à produire, de contraintes spatiales ou d'autres facteurs.

### 3. Perspectives pédagogiques

La question que nous pourrions nous poser à ce stade est : « Que pouvons-nous faire de ces résultats en pratique ? »

Nous avons pu observer que les enfants produisent moins d'écriture en miroir lorsqu'ils sont invités à copier les caractères que lorsqu'ils les écrivent sous dictée. L'intérêt pédagogique apparaît alors : lorsque les enfants commencent à désapprendre la généralisation en miroir, un environnement dans lequel ils peuvent copier l'écriture correcte des caractères présente une certaine aide (Fischer, 2011b). Plusieurs moyens peuvent être mis en place pour créer un tel environnement, par exemple une affiche accrochée au mur ou encore une bande numérique individuelle posée sur chaque banc. L'affiche au mur peut être un aide-mémoire pour les enfants lorsqu'ils ne savent plus comment écrire un caractère ou comment celui-ci est orienté. La bande numérique permettrait aux enfants de travailler de manière autonome. Par exemple, s'il leur est demandé d'écrire le chiffre 3, mais qu'ils ne savent pas comment faire, ils peuvent avoir recours à leur bande numérique et compter « un, deux, trois » tout en pointant les chiffres dans l'ordre, puis copier le dernier chiffre qu'ils pointent, à savoir le chiffre 3 (Fischer & Tazouti, 2012).

Par ailleurs, les tâches d'écriture du prénom ont mis en évidence l'importance des contraintes situationnelles. Le fait de placer un point évident à gauche d'une page blanche pour indiquer aux enfants où commencer à écrire favorise une écriture conventionnelle (Fischer & Tazouti, 2012). Cette pratique pourrait être employée sur le plan pédagogique.

Il est également intéressant d'attirer l'attention des enfants sur le fait que les chiffres et les lettres ne sont pas de simples formes. Pour ce faire, des activités pédagogiques peuvent être proposées. Par exemple, en 1979, Kinsbourne et Caplan ont suggéré de rendre explicite les connaissances implicites sur l'orientation des caractères. Pour ce faire, ils ont invité les enfants

à catégoriser les différents caractères en fonction de leur orientation : ils avaient tracé une ligne verticale sur le tableau, les enfants pouvaient alors accrocher à gauche de cette verticale les caractères orientés à gauche, à droite de cette verticale les caractères orientés à droite et sur cette verticale les caractères symétriques ou non clairement orientés dans l'une ou l'autre direction (Fischer, 2011b). Cette activité pourrait être utilisée pour mieux appréhender l'orientation des caractères.

Enfin, les enseignants pourraient faire une description verbale attrayante des mouvements effectués lorsqu'ils apprennent les différents caractères aux enfants. Une telle description de la procédure, en termes d'action, permet aux enfants de se souvenir de la description et leur évite d'improviser les gestes (Fischer, 2011b). Cela montre qu'il pourrait être efficace de ne pas recourir uniquement à la modalité visuelle, mais de privilégier également l'utilisation d'autres modalités sensorielles. En 1952, Maria Montessori avait d'ailleurs soutenu une éducation multisensorielle et avait invité les enfants à suivre du doigt des chiffres et lettres rugueux en papier émeri. D'autres anciens pédagogues suggéraient aux enfants d'écrire les caractères en l'air afin d'apprendre le geste moteur sans feedback visuel. En 2010, Bara et Gentaz ont confirmé l'efficacité de l'approche multisensorielle. En effet, la modalité visuelle étant à l'origine de l'écriture en miroir, le recours à d'autres modalités sensorielles (tactile, auditive et/ou motrice) devrait être bénéfique pour l'écriture conventionnelle (Fischer 2011b).

Il serait intéressant d'analyser s'il existe une différence significative dans la production d'écriture en miroir entre les enfants qui ont pu bénéficier de cet enseignement multisensoriel et les autres.

#### 4. Limites

Il est important de noter que la présente étude contient des biais. La principale faiblesse des données qui ont été présentées est le grand nombre de données manquantes, principalement en raison d'une absence d'écriture (10.14 %). En effet, les enfants qui ne savaient pas écrire un caractère ont reçu comme instruction de mettre une croix dans la case correspondante à ce caractère. De plus, les différentes sollicitations d'écriture n'ont engendré que peu d'écriture en miroir (5.15 %). Ces écritures étant peu nombreuses et n'étant pas distribuées

normalement, nous avons opté pour des analyses statistiques non paramétriques. Toutefois, celles-ci ne sont pas aussi puissantes que leurs homologues paramétriques, elles ne peuvent donc pas mettre de résultat autant en évidence.

Une deuxième limite concerne l'attribution des séries lors des tâches trois et quatre<sup>19</sup>. Nous avons effectué trois regroupements de quatre séries, chaque enfant ayant reçu deux regroupements. Dans le regroupement de séries a, b, g et h, il y avait une alternance entre les modalités « dictée » et « copie », alors que les deux autres regroupements ne se sont vus affectés qu'une seule modalité d'écriture « dictée » ou « copie ». Nous n'avons donc pas pu analyser si l'écriture en miroir d'un caractère avait été influencée par le caractère précédent, étant donné que le caractère précédent était toujours le même.

La troisième limite concerne l'ordre dans lequel les neuf tâches ont été présentées aux enfants, l'idée étant que les enfants effectuent toutes les tâches sous dictée avant celles sous copie pour éviter que leur écriture soit influencée. Cependant, cet ordre pourrait faire l'objet d'une discussion en ce qui concerne les contraintes spatiales favorisant ou non l'écriture en miroir du prénom. L'alternance de la condition favorisant l'écriture en miroir et celle favorisant l'écriture conventionnelle aurait pu orienter les résultats de manière différente. De plus, nous avons divisé en trois les tâches où les enfants étaient invités à écrire un caractère à la suite d'un caractère préalablement écrit conventionnellement ou écrit en miroir. Il aurait peut-être été préférable de réaliser plus de groupements afin que les enfants ne soient pas invités à écrire le même caractère dans la même association. De cette manière, nous aurions peut-être remarqué des différences significatives.

La quatrième limite concerne l'analyse des prénoms et l'attribution d'un pourcentage arbitraire pour chacun. Cette analyse n'a pas pu faire l'objet d'une discussion inter-juges, nous avons donc attribué le pourcentage qui nous semblait le plus objectif, mais ce ne fût pas chose aisée lorsque l'enfant avait écrit partiellement son prénom en miroir ; l'analyse a été également rendue complexe lorsque le prénom était écrit « en attaché ». Une discussion entre plusieurs évaluateurs aurait donc amené des subtilités voire des pourcentages différents.

---

<sup>19</sup> Tâche trois : écrire deux séries de dix chiffres et deux séries de quinze lettres dictées dans un ordre préalablement établi ; Tâche quatre : écrire deux séries de dix chiffres et deux séries de quinze lettres en copie dans un ordre préalablement établi.

Une cinquième limite concerne la relation entre l'écriture en miroir et les erreurs de reconnaissance d'orientation effectuées sur le sous-groupe de quarante enfants (n'ayant pas été exclus pour écritures non pertinentes). Ce dernier n'étant pas équilibré (douze enfants du groupe A et vingt-huit du groupe B), les résultats sont à prendre avec précaution. En effet, il aurait été préférable que le sous-groupe soit plus équilibré.

## CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Il existe des idées préconçues sur la signification de l'écriture en miroir, ses origines et ses conséquences.

Les différentes théories ont évolué au fil des années. Ce phénomène est apparu ou, du moins, a été étudié pour la première fois au début du XX<sup>e</sup> siècle, l'idée dominante étant que ce phénomène était exclusivement attribué à la gaucherie des enfants. Cette idée a persisté de longues années avant d'être infirmée par de nouvelles études.

D'autres théories tant neuropsychologiques que cognitives se sont ensuite succédées, mettant en avant des variables comme les représentations cérébrales des lettres, le rôle des neurones, le système cognitif directionnel, la connaissance implicite de la direction, les règles motrices d'action, ... À l'heure actuelle, grâce à ces différentes recherches, nous savons que l'écriture en miroir n'est pas influencée par le genre et n'est pas un signe précurseur d'un trouble du développement. En effet, chez l'enfant, elle est une étape normale et temporaire du développement de l'écriture.

À partir de ce constat, nous avons dégagé cinq hypothèses, à savoir l'orientation des caractères, l'influence du contexte, les difficultés dans la reconnaissance de l'orientation, l'influence de la dictée et le niveau de scolarité, que nous avons testées dans le cadre de ce mémoire. Dans cette optique, des rencontres individuelles ont été réalisées avec soixante enfants précédées par un questionnaire rempli par leurs parents. Les données recueillies ont fait l'objet d'analyses statistiques.

Ces analyses ont pu mettre en évidence plusieurs résultats, ceux-ci confirment globalement les recherches sur le sujet. Seuls nos résultats concernant l'amorçage par l'écriture précédente vont à l'encontre de ceux de Fischer (2011b). Cela est peut-être dû à la méthodologie qui était différente ; nous avons utilisé un amorçage visuel tandis que Fischer avait employé un amorçage visuomoteur. Les enfants n'ont donc pas pu bénéficier de cet amorçage, étant donné que les caractères étaient déjà écrits conventionnellement ou en miroir.

Cette recherche a mis en exergue que l'écriture en miroir est davantage présente chez les enfants qui débutent l'apprentissage de l'écriture. Chaque tâche proposée montrait une

différence significative d'écriture en miroir entre les enfants âgés de cinq à six ans et les enfants âgés de sept à huit ans. Les jeunes enfants éprouvaient également plus de difficultés à se remémorer la forme des caractères, produisant moins d'écritures que les enfants plus âgés. Par conséquent, lorsque les enfants sont invités à copier les caractères, ils peuvent se rendre compte de leur forme, mais également de l'orientation de ceux-ci, produisant davantage d'écriture conventionnelle que lors de la tâche d'écriture sous dictée.

Cette différence entre les deux tâches d'écriture est plus faible, chez les enfants plus âgés, étant donné qu'ils ont mémorisé la forme des caractères et doutent moins souvent de l'orientation de ceux-ci. Alors que les plus jeunes enfants, s'ils ont mémorisé la forme, doutent plus souvent de l'orientation des caractères et produisent donc davantage d'écriture en miroir. Il existe, en effet, une relation positive entre les erreurs de reconnaissance d'orientation et l'écriture en miroir.

Nous avons observé qu'étant donné que les enfants plus jeunes n'ont pas encore tout à fait mémorisé l'orientation des caractères, ils utilisent davantage la règle implicite de l'écriture à droite, écrivant plus souvent les caractères tournés vers la gauche que ceux tournés vers la droite.

Certains enfants plus âgés produisent encore certaines lettres en miroir en fonction de leurs caractéristiques individuelles et de caractères plus complexes à écrire. De plus, quels que soient l'âge et le genre des enfants, les contraintes spatiales jouent un rôle important dans l'écriture en miroir. S'il n'y a pas de place suffisante à droite, les enfants écriront plus souvent vers la gauche, et donc en miroir.

L'écriture en miroir est donc une étape intermédiaire entre l'apprentissage de la forme des caractères et l'apprentissage de leur orientation. Afin que la transition s'effectue plus rapidement, il pourrait être utile de créer un environnement dans lequel les enfants puissent copier l'écriture correcte des caractères par le biais de supports accessibles, souligner l'orientation des caractères ou ajouter des contraintes spatiales sur les feuilles.

## BIBLIOGRAPHIE

- Adi-Japha, E., & Freeman, N. H. (2001). Development of differentiation between writing and drawing systems. *Developmental Psychology*, 37(1), 101-114. doi:10.1037/0012-1649.37.1.101
- Ames, L. B., & Ilg, F. L. (1951). Developmental trends in writing behavior. *Journal of Genetic Psychology*, 79, 29-46. doi:10.1080/08856559.1951.10533585
- Anderson, S. W., Damasio, A. R., & Damasio, H. (1990). Troubled letters but not numbers Domain specific cognitive impairments following focal damage in frontal cortex. *Brain*, 113, 749-766. doi:10.1093/brain/113.3.749
- Annett M. (1970). A classification of hand preference by association analysis. *British journal of psychology*, 61(3), 303–321. doi:10.1111/j.2044-8295.1970.tb01248.x
- Annett M. (1972). The distribution of manual asymmetry. *British journal of psychology*, 63(3), 343-358. doi:10.1111/j.2044-8295.1972.tb01282.x
- Annett, M. (1985). *Left, Right, Hand and Brain: The Right Shift Theory*. Lawrence Erlbaum.
- Auzias, M., & Ajuriaguerra, J. (1986). Les fonctions culturelles de l'écriture et les conditions de son développement chez l'enfant. *Enfance*, 39(2-3), 145-167. doi:10.3406/enfan.1986.2914
- Bara, F., & Gentaz, E., (2006). Comment les enfants apprennent-ils à écrire et comment les aider ? In P. Dessus, & E. Gentaz (Eds.), *Apprendre et enseigner à l'école*. Dunod.
- Bara, F., & Gentaz, E. (2010). Apprendre à tracer les lettres : Une revue critique. *Psychologie française*, 55(2), 129-144. doi:10.1016/j.psfr.2010.01.001
- Bee, H., & Boyd, D. (2008). *Les âges de la vie : Psychologie du développement humain* (3rd ed.). ERPI.
- Bertrand, P.-M. (2008). *Histoire des gauchers. « Des gens à l'envers »* (3rd ed.). Imago.
- Bishop, D. V., Ross, V. A., Daniels, M. S., & Bright, P. (1996). The measurement of hand preference: a validation study comparing three groups of right-handers. *British journal of psychology*, 87(Pt. 2), 269-285. doi:10.1111/j.2044-8295.1996.tb02590.x



Blom, E. (1928). Mirror-writing. *Psychological Bulletin*, 25(10), 582-594. doi:10.1037/h0072634

Bondi, D., Prete, G., Malatesta, G., & Robazza, C. (2020). Laterality in Children: Evidence for Task-Dependent Lateralization of Motor Functions. *International journal of environmental research and public health*, 17(18), 6705. doi:10.3390/ijerph17186705

Brennan, A. (2012). Mirror writing and hand dominance in children: A new perspective on motor and perceptual theories. *Yale Review of Undergraduate Research in Psychology*, 4, 12-23.

Bryden, P. J., Pryde, K. M., & Roy, E. A. (2000). A performance measure of the degree of hand preference. *Brain and cognition*, 44(3), 402-414. doi:10.1006/brcg.1999.1201

Bryden, P. J., & Roy, E. A. (2005). Unimanual performance across the age span. *Brain and cognition*, 57(1), 26-29. doi:10.1016/j.bandc.2004.08.016

Bryden, P. J., & Roy, E. A. (2006). Preferential reaching across regions of hemispace in adults and children. *Developmental psychobiology*, 48(2), 121-132. doi:10.1002/dev.20120

Bryden, P. J., Roy, E. A., Rohr, L. E., and Egilo, S. (2007). Task demands affect manual asymmetries in pegboard performance. *Laterality*, 12, 364-377. doi:10.1080/13576500701356244

Bryden, P. J., Mayer, M., & Roy, E. A. (2011). Influences of task complexity, object location, and object type on hand selection in reaching in left and right-handed children and adults. *Developmental psychobiology*, 53(1), 47-58. doi:10.1002/dev.20486

Buckwalter, J. K., & Gloria Lo, Y. H. (2002). Emergent biliteracy in Chinese and English. *Journal of Second Language Writing*, 11, 269-293. doi:10.1016/S1060-3743(02)00088-7

Butterworth, G., & Hopkins, B. (1993). Origins of handedness in human infants. *Developmental medicine and child neurology*, 35(2), 177-184. doi:10.1111/j.1469-8749.1993.tb11620.x

Carnahan H. (1998). Manual asymmetries in response to rapid target movement. *Brain and cognition*, 37(2), 237-253. doi:10.1006/brcg.1997.0973

Chartrel, E., & Vinter, A. (2004). L'écriture : une activité longue et complexe à acquérir. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, 78, 174-180.

- Cohen, L., Dehaene, S., Naccache, L., Lehéricy, S., Dehaene-Lambertz, G., Hénaff, M. A., & Michel, F. (2000). The visual word form area: spatial and temporal characterization of an initial stage of reading in normal subjects and posterior split-brain patients. *Brain : a journal of neurology*, 123(Pt 2), 291-307. doi:10.1093/brain/123.2.291
- Corballis, M. C., & Beale, I. L. (1976). *The psychology of left and right*. Lawrence Erlbaum.
- Corbetta, D., Williams, J., & Snapp-Childs, W. (2006). Plasticity in the development of handedness: evidence from normal development and early asymmetric brain injury. *Developmental Psychobiology*, 48(6), 460-471. doi:10.1002/dev.20164
- Coryell, J. F., & Michel, G. F. (1978) How Supine Postural Preferences of Infants can contribute toward the development of handedness. *Infant Behavior and Development*, 1. doi:10.1016/S0163-6383(78)80036-8
- Corey, D. M., Hurley, M. M., & Foundas, A. L. (2001). Right and left handedness defined: a multivariate approach using hand preference and hand performance measures. *Neuropsychiatry, Neuropsychology, and Behavioral Neurology*, 14(3), 144-152.
- Cornell, J. M. (1985). Spontaneous mirror-writing in children. *Canadian Journal of Psychology*, 39(1), 174-179. doi:10.1037/h0080122
- Cubelli, R., & Della Sala, S. (2009). Mirror writing in pre-school children: a pilot study. *Cognitive Processing*, 10(2), 101-104. doi:10.1007/s10339-008-0233-z
- Danna, J., & Velay, J.-L. (2015). Basic and supplementary sensory feedback in handwriting. *Frontiers in Psychology*, 6, 169. doi:10.3389/fpsyg.2015.00169
- De Agostini, M., & Dellatolas, G. (1988). Une épreuve simple pour évaluer la préférence manuelle chez l'enfant à partir de 3 ans. *Enfance*, 41(3-4), 139-147. doi:10.3406/enfan.1988.2161
- De Agostini, M., Paré, C., Goudot, D., & Dellatolas, G. (1992). Manual preference and skill development in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 8(1), 41-57. doi:10.1080/87565649209540514
- Dehaene, S. (2007). *Les neurones de la lecture*. Odile Jacob.

- Dehaene, S. (2009). Reading in the Brain: The New Science of How We Read. *International Journal of Applied Linguistics*, 24(1), 128-130. doi:10.1111/ijal.12055
- Dehaene, S. (2010). *Reading in the brain*. Penguin Viking.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (2007). Cultural recycling of cortical maps. *Neuron*, 56(2), 384-398. doi:10.1016/j.neuron.2007.10.004
- Dehaene, S., Nakamura, K., Jobert, A., Kuroki, C., Ogawa, S., & Cohen, L. (2010). Why do children make mirror errors in reading? Neural correlates of mirror invariance in the visual word form area. *NeuroImage*, 49(2), 1837-1848. doi:10.1016/j.neuroimage.2009.09.024
- Della Sala, S., & Cubelli, R. (2007). Directional apraxia: A unitary account of mirror writing following brain injury or as found in normal young children. *Journal of Neuropsychology*, 1(1), 3-26. doi:10.1348/174866407X180783
- Della Sala S., & Cubelli, R. (2009). Writing about mirror writing. *Cortex*, 45(6), 791-792. doi:10.1016/j.cortex.2008.11.013
- Desjardins, S. (2006). Comparaison de stimulations homotopiques versus hétérotopiques dans les paradigmes de Poffenberger et Dimond [Thèse de doctorat]. Université du Québec à Montréal.
- Doyen, A. L., & Carlier, M. (2002). Measuring handedness: a validation study of Bishop's reaching card test. *Laterality*, 7(2), 115-130. doi:10.1080/13576500143000140
- Erlenmeyer, A. (1879). *Die Schrift: Grundzüge ihrer Physiologie und Pathologie*. Stuttgart: A. Bonz.
- Fagard, J. (Eds.) (2004). *Droitiers/gauchers, des asymétries dans tous les sens*. Solal.
- Fagard, J. (2013). The nature and nurture of human infant hand preference. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1288, 114-123. doi:10.1111/nyas.12051
- Fayol, M., & Miret, A. (2005). Ecrire, orthographier et rédiger des textes. *Psychologie Française*, 50(3), 391-402. doi:10.1016/j.psfr.2005.05.008
- Ferreiro, E. (2000). L'écriture avant la lettre. In H. Sinclair (Éd.), *La production de notations chez les jeunes enfants*. PUF.

- Fischer, J.-P. (2010a). Vers une levée du mystère des écritures en miroir (des lettres majuscules) chez l'enfant : une hypothèse nouvelle. *Enfance*, 2010(4), 371-386. doi:10.4074/S0013754510004015
- Fischer, J.-P. (2010b). Vers une levée du mystère des écritures en miroir (des chiffres) chez l'enfant. *L'Année Psychologique*, 110(2), 227-251.
- Fischer, J.-P. (2011a). Mirror writing of digits and (capital) letters in the typically developing child. *Cortex*, 47(6), 759–762. doi:10.1016/j.cortex.2011.01.010
- Fischer, J.-P. (2011b). Nouveaux éclairages sur l'écriture en miroir des enfants de l'école. *Revue française de pédagogie*, 175, 99-112. doi:10.4000/rfp.3106
- Fischer, J.-P. (2012). L'écriture en miroir. *Cerveau & psycho*, 52.
- Fischer, J.-P. (2017a). Character reversal in children : The prominent role of writing direction. *Reading and Writing*, 30(3), 523-542. doi:10.1007/s11145-016-9688-y
- Fischer, J.-P. (2017b). Studies on the written characters orientation and its influence on digit reversal by children. *Educational Psychology*, 38(5), 556-571. doi:10.1080/01443410.2017.1359239
- Fischer, J.-P., & Koch, A.-M. (2014). La magie computationnelle de la voie ventrale est-elle à l'origine de l'inversion des lettres et des chiffres chez l'enfant de cinq à six ans ? *Revue de neuropsychologie*, 6(4), 230-237. doi:10.1684/nrp.2014.0318
- Fischer, J.-P., & Koch, A.-M. (2016a). Mirror writing in typically developing children : A first longitudinal study. *Cognitive Development*, 38, 114-124. doi:10.1016/j.cogdev.2016.02.005
- Fischer, J.-P., & Koch, A.-M. (2016b). Mirror writing in 5- to 6-year-old children : The preferred hand is not the explanation. *Laterality*, 21(1), 34-49. doi:10.1080/1357650X.2015.1066383
- Fischer, J.-P., & Tazouti, Y. (2012). Unraveling the mystery of mirror writing in typically developing children. *Journal of Educational Psychology*, 104(10), 193-205. doi:10.1037/a0025735
- Fuller, J. (1916). The psychology and physiology of mirror-writing. *University of California Publications*, 2(3), 199-265.

- Gabbard, C., & Helbig, C. R. (2004). What drives children's limb selection for reaching in hemispace? *Experimental brain research*, 156(3), 325-332. doi:10.1007/s00221-003-1792-y
- Gabbard, C., & Rabb, C. (2000). What determines choice of limb for unimanual reaching movements? *The Journal of general psychology*, 127(2), 178-184. doi:10.1080/00221300009598577
- Goodnow, J. J., & Levine, R. A. (1973). The grammar of action: sequence and syntax in children's copying. *Cognitive Psychology*, 4(1), 82-98. doi:/10.1016/0010-0285(73)90005-4
- Gombert, J.E., & Fayol, M. (1992). Writing in preliterate children. *Learning and instruction*, 2, 23-41. doi:10.1016/0959-4752(92)90003-5
- Gooderham, S. E., & Bryden, P. J. (2014). Does your dominant hand become less dominant with time? The effects of aging and task complexity on hand selection. *Developmental psychobiology*, 56(3), 537-546. doi:10.1002/dev.21123
- Gordon, H. (1921). Left-handedness and mirror writing, especially among defective children. *Brain*, 43(4), 313-368. doi:10.1093/brain/43.4.313
- Grapin, P. & Perpère G. (1968). Symétrie et latéralisation du nourrisson. In R. Kouilsky, & P. Grapin (Eds), *Main Droite et Main Gauche* (pp. 83-103). PUF
- Hepper, P. G., Shahidullah, S., & White, R. (1991). Handedness in the human fetus. *Neuropsychologia*, 29(11), 1107-1111. doi:10.1016/0028-3932(91)90080-r
- Hepping, A. M., Ploegmakers, J. J., Geertzen, J. H., Bulstra, S. K., & Stevens, M. (2015). The Influence of Hand Preference on Grip Strength in Children and Adolescents; A Cross-Sectional Study of 2284 Children and Adolescents. *PloS one*, 10(11). doi:10.1371/journal.pone.0143476
- Hildreth, G. (1932). The success of young children in number and letter construction. *Child Development*, 3, 1-14. doi:10.2307/1125749
- Hildreth, G. (1950). The development and training of hand dominance: Developmental problems associated with handedness. *Journal of Genetic Psychology*, 76(1), 39-100. doi:10.1080/08856559.1950.10533526

Hommel, B. (1993). Inverting the Simon effect by intention: determinants of direction and extent of effects of irrelevant spatial information. *Psychological Research*, 55, 270-279. doi:10.1007/BF00419687

Kinsbourne, M., & Caplan, P. (1979). *Children's learning and attention problems*. Little, Brown and Co.

Le Robert. (n.d.). *Engramme*. Dans Le dictionnaire Le Robert (version électronique). Consulté le 08 mai 2021 sur <https://dictionnaire.lerobert.com/definition/engramme>

Lebrun, Y. (1990). Mirror-reading and mirror-writing in schoolchildren. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, 2, 177-182.

Lehman, E. B., & Goodnow, J. (1975). Directionality in Copying: Memory, Handedness, and Alignment Effects. *Perceptual and Motor Skills*, 41(3), 863-872. doi:10.2466/pms.1975.41.3.863

Levin, I., & Bus, A.G. (2003). How is emergent writing based on drawing? Analyses of children's products and their sorting by children and mothers. *Developmental psychology*, 39(5), 891-905. doi:10.1037/0012-1649.39.5.891

Lévy, J. M. (1935). L'écriture en miroir des petits écoliers. *Journal de Psychologie Normale et Pathologique*, 32, 443-454.

Lewis, E.R., & Lewis, H.P. (1965). An analysis of errors in the formation of manuscript letters by first-grade children. *American Educational Research Journal*, 2(1), 25-35. doi:10.3102/00028312002001025

Longoni, A. M., & Orsini, L. (1988). Lateral preferences in preschool children: a research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 29(4), 533-539. doi:10.1111/j.1469-7610.1988.tb00744.x

Lurçat L. (1983). Le graphisme et l'écriture chez l'enfant. *Revue française de pédagogie*, 65, 7-18. doi:10.3406/rfp.1983.1598

Marschik, P. B., Einspieler, C., Strohmeier, A., Plienegger, J., Garzarolli, B., & Prechtel, H. F. (2008). From the reaching behavior at 5 months of age to hand preference at preschool age. *Developmental psychobiology*, 50(5), 511-518. doi:10.1002/dev.20307

Maass, A., Suitner, C., & Deconchy, J. P. (2014). *Living in an asymmetrical world: How writing direction affects thought and action*. Psychology Press.

McGrath, R. L., & Kantak, S. S. (2016). Reduced asymmetry in motor skill learning in left-handed compared to right-handed individuals. *Human movement science*, 45, 130–41. doi:10.1016/j.humov.2015.11.012

McIntosh, R. D., Hillary, K., Brennan A., & Lechowicz M. (2018). Developmental mirror-writing is paralleled by orientation recognition errors. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 23(6), 664-683. doi:10.1080/1357650X.2018.1445748

McManus, C. (2002). *Right Hand, Left Hand: The Origins of Asymmetry in Brains, Bodies, Atoms, and Cultures*. Harvard University Press.

McManus, I. C., Sik, G., Cole, D.R., Mellon, A.F., Wong, J., & Kloss, J. (1988). The development of handedness in children. *British Journal of Developmental Psychology*, 6(3), 257-273. doi:10.1111/j.2044-835X.1988.tb01099.x

McManus, I. C. & Bryden, M. P. (1992). The genetics of handedness, cerebral dominance and lateralization. In I. Rapin, & S. J. Segalowitz (Eds), *Handbook of Neuropsychology : Child Neuropsychology* (Vol. 6, pp. 115-142). Elsevier.

Marinsek M. (2016). Lateral asymmetry as a function of motor practice type of complex upper- and lower-limb movement in young children. *Laterality*, 21(3), 267-281. doi:10.1080/1357650X.2015.1127253

Meulenbroek, R. G., Vinter, A., & Mounoud, P. (1993). Development of the start-rotation principle in circle production. *British journal of developmental psychology*, 11, 307-320. doi:10.1111/j.2044-835X.1993.tb00605.x

Michel G. F. (1981). Right-handedness: a consequence of infant supine head-orientation preference? *Science*, 212(4495), 685-687. doi:10.1126/science.7221558

Michel, G. F., Tyler, A. N., Ferre, C., & Sheu, C. F. (2006). The manifestation of infant hand-use preferences when reaching for objects during the seven--to thirteen-month age period. *Developmental Psychobiology*, 48(6), 436-443. doi:org/10.1002/dev.20161

- Mori, S., Iteya, M., & Gabbard, C. (2007). Hand preference consistency and simple rhythmic bimanual coordination in preschool children. *Perceptual and Motor Skills*, 104(3), 792-798. doi:10.2466/pms.104.3.792-798
- Moulton, E., Galléa, C., Kemlin, C., Valabregue, R., Maier, M. A., Lindberg, P., & Rosso, C. (2017). Cerebello-Cortical Differences in Effective Connectivity of the Dominant and Non-dominant Hand during a Visuomotor Paradigm of Grip Force Control. *Frontiers in human neuroscience*, 11, 511. doi:10.3389/fnhum.2017.00511
- Nakamura, K., Dehaene, S., Jobert, A., Le Bihan, D., & Kouider, S. (2005). Subliminal convergence of Kanji and Kana words: further evidence for functional parcellation of the posterior temporal cortex in visual word perception. *Journal of cognitive neuroscience*, 17(6), 954-968. doi:10.1162/0898929054021166
- Ninio, A., & Lieblisch, A. (1976). The grammar of action: "Phase structure" in children's copying. *Child Development*, 47, 846-849.
- Noyer, M., & Baldy, R. (2002). Du dessin à la lecture et à l'écriture. *Psychologie et Éducation*, 49, 73-88
- Nunes, G., Braga, L. W., Rossi, L., Lawisch, V. L., Nunes, L. G., & Dellatolas, G. (2008). Hand skill assessment with a reduced version of the Peg Moving Task (PMT-5) in children: normative data and application in children with cerebral palsy. *Archives of clinical neuropsychology*, 23(1), 87–101. doi:10.1016/j.acn.2007.08.007
- O'Regan, L., & Serrien, D. J. (2018). Individual Differences and Hemispheric Asymmetries for Language and Spatial Attention. *Frontiers in human neuroscience*, 12, 380. doi:10.3389/fnhum.2018.00380
- Oldfield R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97-113. doi:10.1016/0028-3932(71)90067-4
- Oosterhof, N. N., Wiggett, A. J., Diedrichsen, J., Tipper, S. P., & Downing, P. E. (2010). Surface-based information mapping reveals crossmodal vision-action representations in human parietal and occipitotemporal cortex. *Journal of Neurophysiology*, 104, 1077-1089. doi:10.1152/jn.00326.2010.



- Orton, S. T. (1925). "Word-blindness" in school children. *Archives of Neurology and Psychiatry*, 14, 581-615. doi:10.1001/archneurpsyc.1925.02200170002001
- Orton, S.T. (1928). Specific reading disability – strephosymbolia. *Journal of the American Medical Association*, 90, 1095-1099. doi:10.1001/jama.192802690410007003
- Paillard, J. (1991). Les bases nerveuses du contrôle visuomanuel de l'écriture. In C. Sirat, J. Irigoien et E. Poulle (Éds.), *L'écriture, l'œil et la main* (pp. 23-52). Brepols.
- Patro, K., Nuerk, H. C., & Cress, U. (2015). Does your body count? Embodied influences on the preferred counting direction of preschoolers. *Journal of Cognitive Psychology*, 27(4), 413-425. doi:10.1080/20445911.2015.1008005
- Pegado, F., Nakamura, K., Cohen, L., & Dehaene, S. (2011). Breaking the symmetry: Mirror discrimination for single letters but not for pictures in the visual word form area. *NeuroImage*, 55(2), 742-749. doi:10.1016/j.neuroimage.2010.11.043
- Peters, M. (1980). Why the preferred hand taps more quickly than the non-preferred hand: Three experiments on handedness. *Canadian Journal of Psychology*, 34(1), 62-71. doi:10.1037/h0081014
- Peters M. (1998). Description and validation of a flexible and broadly usable handedness questionnaire. *Laterality*, 3(1), 77-96. doi:10.1080/713754291
- Peters, M., & Durning, B. (1979). Left-handers and right-handers compared on a motor task. *Journal of motor behavior*, 11(2), 103-111. doi:10.1080/00222895.1979.10735178
- Petersen, P., Petrick, M., Connor, H., & Conklin, D. (1989). Grip strength and hand dominance: challenging the 10% rule. *The American journal of occupational therapy*, 43(7), 444-447. doi:10.5014/ajot.43.7.444
- Porac, C., Coren, S., & Duncan, P. (1980). Life-span age trends in laterality. *Journal of gerontology*, 35(5), 715-721. doi:10.1093/geronj/35.5.715
- Prete, G., & Tommasi, L. (2018). Split-brain patients: Visual biases for faces. In G. S. Forrester, W. D. Hopkins, K. Hudry, K., & A. Lindell (Eds.), *Progress in Brain Research; Cerebral Lateralization and Cognition: Evolutionary and Developmental Investigations of Behavioral Biases* (Vol. 238, pp. 271-291). Elsevier.

- Provins, K. A., & Magliaro, J. (1989). Skill, strength, handedness, and fatigue. *Journal of motor behavior*, 21(2), 113-121. doi:10.1080/00222895.1989.10735469
- Rollenhagen, J. E., & Olson, C. R. (2000). Mirror-image confusion in single neurons of the macaque inferotemporal cortex. *Science*, 287(5457), 1506-1508. doi:10.1126/science.287.5457.1506
- Roy, E. A. (1996). Task demands in reaching and the magnitude of manual asymmetries in performance. *Brain and Cognition*, 32, 170-172. doi:10.1080/13576500701356244
- Roy, E. A., Bryden, P., & Cavill, S. (2003). Hand differences in pegboard performance through development. *Brain and cognition*, 53(2), 315-317. doi:10.1016/s0278-2626(03)00133-7
- Scharoun, S. M., & Bryden, P. J. (2014). Hand preference, performance abilities, and hand selection in children. *Frontiers in Psychology*, 5, 82. doi:10.3389/fpsyg.2014.00082
- Schott, G. (1999). Mirror writing: Allen's self observations. Lewis Carroll's 'looking glass' letters, and Leonardo da Vinci's maps. *Lancet*, 354(9196), 2158-2161. doi:10.1016/s0140-6736(99)07016-6
- Schott, G. D. (2007). Mirror writing: Neurological reflections on an unusual phenomenon. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 78(1), 5-13. doi:10.1136/jnnp.2006.094870
- Simner, M. (1984). The grammar of action and reversals errors in children's printing. *Developmental Psychology*, 20(1), 136-142. doi:10.1037/0012-1649.20.1.136
- Simner, M. L. (2005). *Pour développer les habiletés en écriture*. CFORP.
- Steenhuis, R. E., Bryden, M. P., Schwartz, M., & Lawson, S. (1990). Reliability of hand preference items and factors. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 12(6), 921-930. doi:10.1080/01688639008401031
- Suitner, C., & Maass, A. (2016). Spatial agency bias: Representing people in space. *Advances in Experimental Social Psychology*, 53, 245-301. doi:10.1016/bs.aesp.2015.09.004.
- Tan, U., & Tan, M. (1999). Incidences of asymmetries for the palmar grasp reflex in neonates and hand preference in adults. *Neuroreport*, 10(16), 3253-3256. doi:10.1097/00001756-199911080-00001

- Tankle, R.S., & Heilman, K.M. (1983). Mirror writing in right-handers and left-handers. *Brain and Language*, 19(1), 115-123. doi:10.1016/0093-934x(83)90058-5
- Tapley, S. M., and Bryden, M. P. (1985). A group tests for the assessment of performance between the hands. *Neuropsychologia*, 23, 215-222. doi:10.1016/0028-3932(85)90105-8
- Thomassen, A. J., & Teulings, H. L. (1979). The development of directional preference in writing movements. *Visible language*, 13, 218-231.
- Thomassen, A.J., van Galen, G. (1992). *Handwriting as a motor task: Experimentation modelling and simulation*. Amsterdam, North-Holland.
- Treiman, R., Gordon, J., Broada, R., Peterson, R. L., & Pennington, B. F. (2014). Statistical learning, letter reversals, and reading. *Scientific Studies of Reading*, 18(6), 383-394. doi:10.1080/10888438.2013.873637
- Treiman, R., & Kessler, B. (2011). Similarities among the shapes of writing and their effects on learning. *Written Language and Literacy*, 14, 39-57. doi:10.1075/wll.14.1.03tre
- Vinter, A., & Zesiger, P. (2008). L'activité d'écriture : Acquisition, évaluation et troubles. In J. Lautrey (Ed.), *Psychologie de Développement et de l'Éducation*. IED.
- Viviani, P. (1994). Les habiletés motrices. In M. Richelle, J. Requin, & M. Robert (Eds.), *Traité de Psychologie Expérimentale* (pp. 777-844). PUF.
- Wang, X. D. (1992). Mirror writing of Chinese characters in children and neurologic patients. *Chinese Medical Journal*, 105(4), 306-311.
- Watson, N. V., & Kimura, D. (1989). Right-hand superiority for throwing but not for intercepting. *Neuropsychologia*, 27(11-12), 1399-1414. doi:10.1016/0028-3932(89)90133-4
- Watt, W. C. (1983). Grade der systemhaltigkeit: Zur homogenität der alphabetschrift. *Zeitschrift für Semiotik*, 5, 371-399.
- Wolpert, D., Ghahramani, Z., & Jordan, M. I. (1995). An internal model for sensorimotor integration. *Science*, 269(5232), 1880-1882. doi:10.1126/science.7569931
- Zesiger, P. (1995). *Écrire : approches cognitive, neuropsychologique et développementale*. PUF.

Zesiger, P., Martory, M. D., & Mayer, E. (1997). Writing without graphic motor patterns : A case of dysgraphia for letters and digits sparing shorthand writing. *Cognitive Neuropsychology*, 14, 743-763. doi:10.1080/026432997381439

Zesiger, P. (2003). Acquisition et troubles de l'écriture. *Enfance*, 1, 56-64. doi:10.3917/enf.551.0056

## ANNEXES

Annexe 1 : Description des tâches de performance .....	I
Annexe 2 : Mail à destination des directeurs d'école .....	III
Annexe 3 : Questionnaire à destination des parents .....	IV
Annexe 4 : Protocole vierge de l'évaluation de la préférence manuelle .....	VI
Annexe 5 : Illustration vierge des différentes tâches.....	VII
Annexe 6 : Pourcentages arbitraires des prénoms .....	XI
Annexe 7 : Pourcentages d'écritures ou d'absence d'écriture selon l'écriture précédente.....	XIV
Annexe 8 : Différences d'erreurs de reconnaissance d'orientation.....	XVI

## Annexe 1 : Description des tâches de performance

Dans la première partie de la théorie, nous avons cité plusieurs tâches pour évaluer la performance de chaque main. Nous allons décrire brièvement chacune d'elle.

En 1980, Peters a cherché à savoir pourquoi la main préférée est plus performante que la main non-préférée lors d'une simple tâche de tapotement de doigt (« Finger tapping » ; Peters, 1980). Après que l'expérimentateur ait montré comment tapoter, chaque sujet a été invité à frapper la touche d'un compteur automatique avec son index, aussi rapidement que possible. Seul l'index devait être utilisé, sans aucun mouvement de la main, et tous les autres doigts devaient reposer sur la surface du microcontact. Les sujets ont effectué dix essais de dix secondes pour chaque main, en alternant les mains d'un essai à l'autre.

Le « Peg Moving Task » – le déplacement d'une cheville – a été proposé par Annett en 1970 pour évaluer la performance manuelle chez les enfants. Elle a invité les enfants à déplacer une rangée de chevilles le plus rapidement possible. Il y avait deux rangées parallèles espacées de huit pouces, les trous de chaque rangée mesuraient un pouce et ils étaient espacés d'un pouce également. La Figure A1 illustre l'outil réduit à cinq trous (Nunes et al., 2008). La tâche a été effectuée par chaque mains, en alternant les main d'un essai à l'autre. Le temps a été mesuré par un chronomètre.



*Figure A1.* Illustration d'une version réduite à cinq trous du « Peg Moving Task » d'Annett (1970). Extrait de « Hand skill assessment with a reduced version of the Peg Moving Task (PMT-5) in children: Normative data and application in children with cerebral palsy » par G. Nunes et al., 2008, Archives of Clinical Neuropsychology, 23(1), 87-101.

Le « Dot-filling » – remplissage de points – a été proposé par Tapley et Bryden en 1985. Les personnes devaient pointer avec un crayon dans des cercles de cinq millimètres de diamètres alignés sur une feuille de papier le plus rapidement possible. Ensuite, les évaluateurs comparaient le nombre de points réalisés en trente secondes avec chacune des deux mains.

Enfin, le « Throwing task » – la tâche de lancer – a été proposé par Watson et Kimura en 1989. Dans cette tâche, les sujets devaient se tenir derrière une ligne bleue marquée au sol, à trois mètres d'un mur recouvert de polystyrène. Une cible, en polystère, de 45 x 45 centimètres, composée de grilles carrées de 2,25 centimètre de côté (Figure A2), était fixée au mur de telle sorte que son centre se trouve à 150 centimètres du sol. Les sujets ont reçu comme consigne d'essayer de toucher le centre de la cible avec une fléchette de 25 grammes lancée d'une main. Cette procédure a été répétée 20 fois avec une main, suivie de 20 fois avec l'autre main. Chaque lancer était noté en fonction de sa déviation horizontale et verticale par rapport au centre de la cible.

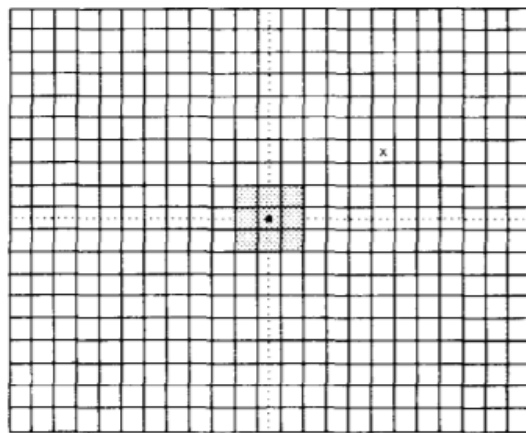


Figure A2. Cible en polystère de 45x45 cm sur laquelle les sujets étaient invité à lancer les fléchettes. Extrait de « Right-hand superiority for throwing but not for intercepting » par N. V. Watson et D. Kimura, 1989, Neuropsychologia, 27(11-12), 1399-1414.

## Annexe 2 : Mail à destination des directeurs d'école

Monsieur le directeur, Madame la directrice,  
Bonjour,

Je m'appelle Pauline Discry et je suis étudiante en deuxième Master en psychologie clinique à l'Université de Liège. Je réalise actuellement mon mémoire sur le phénomène de l'écriture en miroir chez les jeunes enfants.

Cette étude vise à répondre à certaines questions que la communauté scientifique se pose sur ce phénomène. À cette fin, différentes tâches d'écriture seront proposées aux enfants (âgés de 5 à 8 ans). Pour ce faire, je rencontrerai chacun des enfants individuellement une seule fois pendant quarante minutes.

Je me permets donc de vous contacter afin de voir si vous accepteriez, malgré la situation sanitaire actuelle (et avec toutes les mesures de précaution qui s'imposent), que je vienne dans votre établissement rencontrer des enfants âgés de 5 à 8 ans. En cas d'accord de votre part, je vous proposerai de remettre à chaque instituteur/trice concerné/e des lettres à remettre dans le journal de classe des enfants à destination des parents afin d'expliquer la démarche et de solliciter leur consentement.

Je reste à votre disposition pour toute information supplémentaire.

Dans l'attente d'une réponse de votre part, je vous prie, Monsieur le directeur, Madame la directrice, de bien vouloir recevoir mes plus respectueuses salutations.

DISCRY Pauline  
[Pauline.Discry@student.uliege.be](mailto:Pauline.Discry@student.uliege.be)



## Annexe 3 : Questionnaire à destination des parents



**Faculté de Psychologie, Logopédie et des Sciences de l'Éducation**

**Comité d'éthique**

**PRESIDENTE : Fabienne COLLETTE**

**SECRETAIRE : Annick COMBLAIN**

Madame, Monsieur,  
Chers parents,  
Bonjour,

Je m'appelle Pauline Discry et je suis étudiante en deuxième Master en psychologie clinique à l'Université de Liège. Je réalise actuellement mon mémoire sur le phénomène de l'écriture en miroir chez les jeunes enfants.

Cette étude vise à répondre à certaines questions que la communauté scientifique se pose sur ce phénomène. À cette fin, différentes tâches d'écriture seront proposées aux enfants âgés de 5 à 8 ans lors d'un entretien individuel de quarante minutes.

Je me permets donc de vous contacter afin de voir si vous accepteriez, malgré la situation sanitaire actuelle (et avec toutes les mesures de précautions qui s'imposent), que votre enfant participe à cette étude. Les modalités de passation en présentiel ont été validées par le Comité d'éthique de la Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Éducation de l'Université de Liège qui nous impose de suivre un protocole sanitaire très strict.

Si vous acceptez que votre enfant participe à l'étude, je vous demanderais de compléter le consentement annexé à ce document et de répondre aux quelques questions suivantes :

- Prénom de votre enfant : .....
- Date de naissance de votre enfant : .....
- École : .....
- Classe : .....

Votre enfant est-il gaucher, droitier ou ambidextre ?

S'il est ambidextre dans quel cas utilise-t-il :

- Systématiquement sa main droite
- Systématiquement sa main gauche
- Indifféremment sa main gauche ou droite

Avez-vous un ressenti particulier par rapport au fait que votre enfant soit gaucher, droitier, ambidextre ?.....

.....  
.....  
Avez-vous déjà entendu parler de l'écriture en miroir ?

.....  
Que pensez-vous de l'écriture en miroir, que représente-t-elle pour vous ?  
.....  
.....  
.....

Votre enfant écrit-il ou a-t-il déjà écrit en miroir ? .....

Si oui : depuis quand ? .....

Écrit-il toujours en miroir à l'heure actuelle ? .....

- Cela vous interpelle-t-il ? Pourquoi ?  
.....  
.....  
.....

Parent 1 : Êtes-vous gaucher, droitier ou ambidextre ?

Si vous êtes ambidextre dans quel cas utilisez-vous :

- Systématiquement votre main droite
- Systématiquement votre main gauche
- Indifféremment votre main gauche ou droite

Enfant, avez-vous écrit en miroir ?

Parent 1 : Êtes-vous gaucher, droitier ou ambidextre ?

Si vous êtes ambidextre dans quel cas utilisez-vous :

- Systématiquement votre main droite
- Systématiquement votre main gauche
- Indifféremment votre main gauche ou droite

Enfant, avez-vous écrit en miroir ?

Je vous remercie pour l'intérêt que vous portez à mon étude. Je reste à votre disposition pour toute information supplémentaire.

Discry Pauline  
0497/89.01.46

## Annexe 4 : Protocole vierge de l'évaluation de la préférence manuelle

Tableau A1

*Protocole vierge de l'évaluation de la préférence manuelle (De Agostini & Dellatolas, 1988).*

	Action	Main dominante	
1	Lancer une balle		
2	Frapper une balle avec une raquette de ping-pong		
3	Dessiner un trait au crayon sur une feuille		
4	Gommer		
5	Se peigner		
6	Se brosser les dents		
7	Couper avec un couteau		
8	Frapper avec un marteau		
9	Utiliser une cuillère		
10	Découper avec des ciseaux		
11	Distribuer des cartes		
12	Dévisser un bouchon		
13	Verser d'une bouteille à un verre		
14	Boire avec un verre		
15	Enfiler une aiguille		

## Annexe 5 : Illustration vierge des différentes tâches

### Tâche 1 et 8 : Ecrire leur prénom à droite et à gauche d'une ligne médiane

Ligne médiane : Point situé à droite (encourage une écriture conventionnelle)

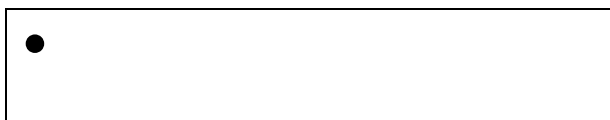


Ligne médiane : Point situé à gauche (encourage une écriture en miroir)



### Tâche 2 et 9 : Ecrire leur prénom à droite et à gauche d'un point se situant dans une case

Cadre : Point situé à gauche (encourage une écriture conventionnelle)



Cadre : Point situé à droite (encourage une écriture en miroir)



Tâche 3 et 4 : Ecrire deux séries de dix chiffres et deux séries de quinze lettre dictées dans un ordre préalablement établi et deux séries de dix chiffres et deux séries de quinze lettre en copie dans un ordre préalablement établi

Exemplaire pour une série de dix chiffres

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Exemplaire pour une série de quinze lettres

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tâche 5 : Nommer les lettres présentées et déclarer si elles sont bien orientées ou non

Cette tâche comporte trente feuilles A5. Sur chaque lettre, une lettre asymétrique était écrite conventionnellement ou en miroir en Times New Roman, taille 250.

Tâche 6 : Ecrire une lettre ou un chiffre à la suite d'une lettre ou d'un chiffre préalablement écrit conventionnellement

B	
---	--

C	
---	--

E	
---	--

S	
---	--

6	
---	--

7	
---	--

Tâche 7 : Ecrire une lettre ou un chiffre à la suite d'une lettre ou d'un chiffre préalablement écrit en miroir

B	
---	--

C	
---	--

E	
---	--

2	
---	--

ð	
---	--

7	
---	--

## Annexe 6 : Pourcentages arbitraires des prénoms

Tableau A2

*Pourcentages arbitraires des prénoms de chaque enfant selon la condition*

<b>IdEleve</b>	<b>Genre</b>	<b>Groupe</b>	<b>Ligne médiane</b>	<b>Cadre</b>
E1C101	Garçon	A	0	0
E1C102	Garçon	A	100	100
E1C103	Fille	A	100	100
E1C201	Fille	A	100	100
E1C202	Garçon	A	100	75
E1C203	Fille	A	16.67	16.67
E1C204	Garçon	A	0	0
E1C301	Fille	B	100	100
E1C302	Garçon	B	50	50
E1C303	Garçon	B	100	100
E1C304	Garçon	B	50	100
E1C305	Garçon	B	100	100
E1C306	Fille	B	100	100
E1C401	Garçon	B	100	100
E2C101	Garçon	A	50	50
E2C102	Garçon	A	100	100
E2C103	Fille	A	50	50
E2C104	Fille	A	50	50
E2C105	Fille	A	100	100
E2C201	Garçon	A	50	50
E2C202	Garçon	A	0	0
E2C203	Fille	B	100	100
E2C204	Garçon	A	50	75
E2C205	Garçon	A	100	100
E2C301	Garçon	B	0	0



E2C401	Fille	B	100	100
E2C402	Garçon	B	50	62.5
E2C403	Fille	B	0	0
E2C404	Fille	B	0	100
E2C405	Fille	B	60	60
E2C406	Garçon	B	0	0
E3C101	Fille	A	66.66	58.66
E3C102	Garçon	A	0	0
E3C201	Garçon	A	60	60
E3C202	Garçon	A	100	100
E3C203	Garçon	A	100	100
E3C301	Fille	B	0	0
E3C302	Fille	B	75	75
E3C303	Garçon	B	0	0
E3C304	Fille	B	0	0
E3C305	Fille	B	0	0
E3C306	Fille	B	0	0
E3C401	Garçon	B	100	100
E3C402	Fille	B	100	100
E3C403	Garçon	B	0	0
E3C404	Fille	B	0	0
E3C405	Garçon	B	0	0
E3C406	Fille	B	100	100
E3C407	Fille	B	100	100
E3C408	Fille	B	100	100
E4C101	Fille	A	87.5	87.5
E4C102	Garçon	A	56.67	56.67
E4C103	Garçon	A	100	100
E4C201	Garçon	B	100	100

E4C202	Fille	A	100	50
E4C203	Fille	A	0	0
E4C301	Garçon	B	100	100
E4C401	Fille	B	0	0
E4C402	Garçon	B	0	0
E4C403	Fille	B	25	25

---

## Annexe 7 : Pourcentages d'écritures ou d'absence d'écriture selon l'écriture précédente

Tableau A3

*Les pourcentages d'écritures conventionnelles, en miroir et d'absence d'écriture du chiffre 3 en fonction du caractère précédent*

Ecriture du chiffre 3	Après « B »		Après « C »		Après « E »	
	Correct	Miroir	Correct	Miroir	Correct	Miroir
Ecriture conventionnelle	88.14 %	86.44 %	74.58 %	88.14 %	84.75 %	91.53 %
Ecriture en miroir	11.86 %	13.56 %	25.42 %	11.86 %	15.25 %	8.47 %
Absence d'écriture	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<u>Groupe A</u>						
Ecriture conventionnelle	72 %	72 %	48 %	76 %	68 %	80 %
Ecriture en miroir	28 %	28 %	52 %	24 %	32 %	20 %
Absence d'écriture	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<u>Groupe B</u>						
Ecriture conventionnelle	100 %	97.06 %	94.12 %	97.06 %	97.06 %	100 %
Ecriture en miroir	0 %	2.94 %	5.88 %	2.94 %	2.94 %	0 %
Absence d'écriture	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Tableau A4

*Les pourcentages d'écritures conventionnelles, en miroir et d'absence d'écriture du chiffre 2 en fonction du caractère précédent*

Ecriture du chiffre 2	Après « S »	
	Correct	Miroir
Ecriture conventionnelle	91.41 %	87.78 %
Ecriture en miroir	6.90 %	7.14 %
Absence d'écriture	1.69 %	5.08 %
<u>Groupe A</u>		
Ecriture conventionnelle	79.33 %	78.96 %
Ecriture en miroir	16.67 %	13.04 %
Absence d'écriture	4 %	8 %
<u>Groupe B</u>		
Ecriture conventionnelle	100 %	94.03 %
Ecriture en miroir	0 %	3.03 %
Absence d'écriture	0 %	2.94 %

Tableau A5

*Les pourcentages d'écritures conventionnelles, en miroir et d'absence d'écriture de la lettre J trois en fonction du caractère précédent*

Ecriture de la lettre J	Après « 6 »		Après « 7 »	
	Correct	Miroir	Correct	Miroir
Ecriture conventionnelle	73.03 %	95.12 %	92 %	93.75 %
Ecriture en miroir	8.33 %	4.88 %	8 %	6.25 %
Absence d'écriture	18.64 %	64.61 %	15.25 %	18.64 %
<u>Groupe A</u>				
Ecriture conventionnelle	60.21 %	36.62 %	54.95 %	55.33 %
Ecriture en miroir	15.79 %	15.38 %	21.05 %	16.67 %
Absence d'écriture	24 %	48 %	24 %	28 %
<u>Groupe B</u>				
Ecriture conventionnelle	96.55 %	100 %	100 %	100 %
Ecriture en miroir	3.45 %	0 %	0 %	0 %
Absence d'écriture	14.71 %	17.65 %	8.82 %	11.76 %

## Annexe 8 : Différences d'erreurs de reconnaissance d'orientation

Tableau A6

*Pourcentages d'erreurs de reconnaissance de l'orientation*

Lettre	Groupe A		Groupe B		Groupe A et B	
	Lettre présentée Conv.	En miroir	Lettre présentée Conv.	En miroir	Lettre présentée Conv.	En miroir
B	15.38 %	46.15 %	4.41 %	11.54 %	6.67 %	25 %
C	34.61 %	26.92 %	7.69 %	7.69 %	18.33 %	15 %
D	19.23 %	50 %	0 %	15.38 %	8.33 %	28.33 %
E	7.69 %	38.46 %	11.54 %	19.23 %	8.33 %	25 %
F	19.23 %	46.15 %	3.85 %	19.23 %	10 %	28.33 %
G	15.38 %	50 %	3.85 %	7.69 %	8.33 %	25 %
J	23.08 %	57.69 %	11.54 %	34.61 %	15 %	40 %
K	11.54 %	38.46 %	0 %	15.38 %	5 %	23.33 %
L	11.54 %	42.31 %	7.69 %	19.23 %	8.33 %	26.67 %
N	15.38 %	34.61 %	7.69 %	3.85 %	10 %	16.67 %
P	7.69 %	42.31 %	15.38 %	11.54 %	10 %	23.33 %
Q	26.92 %	53.85 %	0 %	15.38 %	11.67 %	30 %
R	13.39 %	42.31 %	11.54 %	23.08 %	11.67 %	28.33 %
S	30.77 %	42.31 %	3.85 %	30.77 %	15 %	31.67 %
Z	38.56 %	53.85 %	15.38 %	38.46 %	23.33 %	40 %

Note. Conv., Conventionnelle.

Tableau A7

*Les équations statistiques des erreurs de reconnaissance d'orientation pour chaque lettre (et la taille de l'effet).*

Lettre	Groupe A	Groupe B	Groupe A et B
B	S = 22, p = 0.0215* (r = 0.35)	S = 3, p = 0.0831	S = 38.5, p = 0.0034* (r = 0.28)
C	S = -6.5, p = 0.7744	S = 0, p = 1.0000	S = -8.5, p = 0.8036
D	S = 22, p = 0.0215* (r = 0.35)	S = 5, p = 0.1250	S = 45, p = 0.0018* (r = 0.29)
E	S = 26, p = 0.0386* (r = 0.32)	S = 3.5, p = 0.6875	S = 47.5, p = 0.0309* (r = 0.21)
F	S = 21, p = 0.0654	S = 7, p = 0.2188	S = 49.5, p = 0.0127* (r = 0.24)
G	S = 31.5, p = 0.0225* (r = 0.35)	S = 1, p = 1.0000	S = 42.5, p = 0.0213* (r = 0.23)
J	S = 31.5, p = 0.0225* (r = 0.35)	S = 13.5, p = 0.0703	S = 82.5, p = 0.0002* (r = 0.30)
K	S = 21, p = 0.0654	S = 5, p = 0.1250	S = 44, p = 0.0074* (r = 0.26)
L	S = 22, p = 0.0215* (r = 0.35)	S = 4.5, p = 0.3750	S = 44, p = 0.0074* (r = 0.26)
N	S = 12.5, p = 0.1797	S = -1, p = 1.0000	S = 13, p = 0.3877
P	S = 27, p = 0.0117* (r = 0.38)	S = -2, p = 1.0000	S = 38, p = 0.0963
Q	S = 17.5, p = 0.0391* (r = 0.32)	S = 5, p = 0.1250	S = 38.5, p = 0.0034* (r = 0.28)
R	S = 21, p = 0.0654	S = 6, p = 0.4531	S = 47.5, p = 0.0309* (r = 0.21)
S	S = 9, p = 0.5488	S = 17.5, p = 0.0391* (r = 0.28)	S = 52.5, p = 0.0414* (r = 0.20)
Z	S = 11, p = 0.3438	S = 13.5, p = 0.0703	S = 47.5, p = 0.0309* (r = 0.21)

\*p < 0.05

## RÉSUMÉ

Le présent mémoire s'intéresse à l'écriture en miroir chez les enfants âgés de cinq à huit ans scolarisés dans des écoles de l'enseignement maternel et primaire ordinaire de la Fédération Wallonie-Bruxelles.

Au fil des années, différents courants théoriques se sont succédés concernant la signification de l'écriture en miroir et ses origines. La plupart des recherches se sont concentrées sur des populations spécifiques, des cas pathologiques, des gauchers ou sur des enfants présentant des troubles de l'apprentissage. Toutefois, grâce à des recherches plus récentes, nous savons que l'écriture en miroir n'est pas un signe précurseur d'un trouble du développement (Dehaene, 2007), mais plutôt une étape normale et temporaire du développement de l'écriture.

Au terme de notre revue de la littérature, nous avons dégagé cinq hypothèses de travail, à savoir l'orientation des caractères, l'influence du contexte, les difficultés dans la reconnaissance de l'orientation, l'influence de la dictée et le niveau de scolarité.

Nos résultats mettent en évidence que l'écriture en miroir est effectivement une étape intermédiaire entre l'apprentissage de la forme des caractères et l'apprentissage de leur orientation. Les plus jeunes enfants, n'ayant pas encore mémorisé l'orientation des caractères, font plus fréquemment des erreurs de reconnaissance et écrivent plus souvent en miroir. En effet, s'ils doivent écrire de mémoire, ils auront tendance à utiliser la règle implicite de l'écriture à droite, écrivant ainsi plus souvent en miroir les caractères tournés vers la gauche. A contrario, s'ils peuvent copier un caractère, ils produiront moins d'écritures en miroir, étant donné qu'ils ont accès à l'information de l'orientation. Toutefois, même si les enfants connaissent l'orientation des caractères, les contraintes spatiales peut encore influencer l'écriture en miroir.