

THESE DE DOCTORAT DES UNIVERSITES  
PARIS OUEST NANTERRE LA DEFENSE  
ET GENEVE

Psychologie du développement

Présentée par

**Isabelle SAGE**

**ECRITURE ET PROCESSUS  
PSYCHOMOTEURS, COGNITIFS ET  
CONATIFS CHEZ LES ENFANTS AGES  
DE 8 A 12 ANS**

**Co-directeurs de thèse**

Catherine GARITTE  
Maître de conférence-HDR  
Université Paris Ovest  
Nanterre la Défense

Pascal ZESIGER  
Professeur  
Université de Genève

THESE DE DOCTORAT DES UNIVERSITES  
PARIS OUEST NANTERRE LA DEFENSE  
ET GENEVE

Psychologie du développement

Présentée par

**Isabelle SAGE**

**ECRITURE ET PROCESSUS  
PSYCHOMOTEURS, COGNITIFS ET  
CONATIFS CHEZ LES ENFANTS AGES  
DE 8 A 12 ANS**

**Co-directeurs de thèse**

Catherine GARITTE  
Maître de conférence-HDR  
Université Paris Ovest  
Nanterre la Défense

Pascal ZESIGER  
Professeur  
Université de Genève



## REMERCIEMENTS

Même si un doctorant possède les qualités requises pour réaliser un travail de thèse, il n'est rien sans un entourage professionnel et personnel présent. Je tiens donc à adresser mes plus sincères remerciements :

- ◆ à mes directeurs de thèse, Madame Garitte et Monsieur Zesiger pour leur présence, leur patience et leurs conseils judicieux,
- ◆ aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail,
- ◆ à l'équipe d'accueil qui a répondu régulièrement de façon informelle à mes nombreuses questions,
- ◆ à la directrice et les enseignants de l'école primaire pour la place qu'ils m'ont faite au sein de leur établissement,
- ◆ à Philippe et ses collègues du CMP qui m'accompagnent dans mes études depuis plus d'une décennie,
- ◆ à Alexandre et Florent pour leur disponibilité et leur accueil dans leurs cabinets libéraux,
- ◆ aux parents et aux enfants qui ont accepté de participer à cette recherche,
- ◆ à Amélie, Candice, Marine, Céline, Myrto et Francine, les psychologues et psychomotriciennes, qui m'ont aidée sur le terrain,
- ◆ à mes parents qui, par leur soutien matériel et moral, m'ont montré leur confiance depuis le début de mes études,
- ◆ à mes camarades de la C 425 avec qui le partage émotionnel et intellectuel m'a permis de progresser,
- ◆ à ma famille et mes amis pour avoir cru en moi et m'avoir supporté tout le long de mon parcours universitaire.

J'ai une pensée toute particulière pour les absents d'aujourd'hui qui m'ont guidé sur le chemin de thèse et à qui j'espère rendre hommage par ce travail.

# SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
I. L'écriture chez l'enfant	5
A. Définition	5
B. Développement de l'écriture	6
1. La phase motrice (de 18 mois à 2 ans)	8
2. La phase perceptive (de 2 à 3 ans)	8
3. La phase représentationnelle (de 3 à 4 ans)	9
4. La phase de la genèse de la lettre (de 5 à 6 ans)	9
5. La phase précalligraphique (de 5-6 ans à 8-9 ans)	10
6. La phase calligraphique infantile (de 8-9 ans à 12 ans)	11
7. La phase postcalligraphique (à partir de 12 ans)	12
C. Ecriture et genre	14
D. La plurifactorialité de l'écriture	16
E. Profils de scripteurs	19
II. Liens entre écriture et compétences psychomotrices, cognitives et conatives	24
A. Ecriture, posture et équilibre	25
B. Ecriture et coordination oculo-manuelle	32
C. Ecriture et déliement digital	34
D. Ecriture et syncinésies	36
E. Ecriture et régulation tonique	38
F. Motricité fine et rythme	40
G. Ecriture et Gnosies digitales	43
H. Ecriture et attention	45
I. Ecriture et compétences visuo-spatiales	46
J. Compétences motrices et mémoire de travail	50
K. Compétences motrices et estime de soi	53
SYNTHESE THEORIQUE	55
PREMIERE ETUDE	63
OBJECTIFS	63
METHODE	65
I. Participants	65
II. Les épreuves d'écriture	67
A. L'échelle d'évaluation rapide de l'écriture (BHK)	67
B. La posture d'écriture, l'utilisation du matériel et la douleur	70
III. Les épreuves psychomotrices, cognitives et conatives	72
A. L'équilibre	72
B. L'épreuve d'efficacité motrice latéralisée	73
C. Le tapping de la NEPSY et les syncinésies	73
1. Le tapping de la NEPSY	73

2.	Les syncinésies	74
D.	La régulation tonique	75
E.	Les structures rythmiques	76
F.	Les gnoses digitales	77
G.	Les épreuves spatiales	77
1.	L'orientation spatiale	77
2.	Le test de Bender-Santucci	79
H.	Les épreuves du WISC IV	80
1.	Les cubes	80
2.	Les symboles	81
3.	La compréhension verbale	81
4.	La mémoire des chiffres	82
I.	Les mouvements de main	83
J.	Le SPP	83
IV.	Procédure	85
V.	Cotation des données	86
A.	Le BHK	86
B.	Le test de Bender-Santucci	87
RESULTATS		88
I.	Analyse factorielle des variables prédictives	89
II.	La plurifactorialité de l'écriture	93
A.	Choix de la méthode d'analyse	94
B.	L'analyse factorielle des 13 items du BHK	95
III.	Influence du sexe, de l'âge, de la latéralité et de la posture d'écriture sur le BHK et les variables prédictives	98
A.	Influence du sexe	98
1.	Effet du sexe sur le BHK	98
2.	Effet du sexe sur la posture d'écriture	107
3.	Effet du sexe sur les variables prédictives	110
B.	Influence de l'âge	112
1.	Effet de l'âge sur le BHK	112
2.	Effet de l'âge sur la posture d'écriture	114
3.	Effet de l'âge sur les variables prédictives	115
C.	Influence de la latéralité	117
D.	Influence de la posture d'écriture sur les facteurs du BHK	118
1.	Influence de la position de la main par rapport à la ligne sur le BHK	119
2.	Influence de l'orientation de la feuille sur le BHK	120
IV.	Influence des processus psychomoteurs, cognitifs et conatifs sur le BHK	121
A.	Sur la vitesse d'écriture mesurée par le BHK	122
B.	Sur la qualité de l'écriture mesurée par le BHK	123
C.	Sur les facteurs du BHK et leurs items	123
1.	Sur le facteur « réalisation motrice des lettres »	124
2.	Sur le facteur « formes et constance des lettres »	126
3.	Sur le facteur « organisation spatiale des lettres dans le mot »	128

4.	Sur le facteur « organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille »	130
V.	Profils d'écriture	133
A.	Répartition des participants dans les six profils	133
B.	Profils de scripteurs	135
1.	Différences entre les profils pour la vitesse d'écriture	137
2.	Différences entre les profils pour le facteur « formes et constance des lettres »	138
3.	Différences entre les profils pour le facteur « réalisation motrice des lettres »	139
4.	Différences entre les profils pour le facteur « organisation spatiale des lettres dans le mot »	141
5.	Différences entre les profils pour le facteur « organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille »	142
C.	Comparaisons des variables prédictives en fonction des profils de scripteurs	152
1.	Différences entre les profils pour le tapping séquentiel	154
a.	La main dominante	154
b.	La main non dominante	155
2.	Différences entre les profils pour l'équilibre	156
3.	Différences entre les profils pour l'efficacité motrice du membre dominant	156
4.	Différences entre les profils pour la mémoire des chiffres en ordre inverse	157
5.	Différences entre les profils pour les symboles	157
6.	Différences entre les profils pour le test de Bender-Santucci	158
	DISCUSSION PREMIERE ETUDE	161
I.	Les processus mesurés par les variables prédictives	161
II.	La plurifactorialité de l'écriture	166
III.	La vitesse d'écriture	176
IV.	Influence de l'âge	179
V.	La posture d'écriture	180
VI.	Différences intersexes	181
VII.	Les profils de scripteurs âgés de 8 et 12 ans	183
	SECONDE ETUDE	188
I.	Troubles de l'écriture ou dysgraphies	188
II.	Troubles de l'écriture et compétences psychomotrices, cognitives et conatives	191
A.	Ecriture et trouble d'acquisition des coordinations (TAC) ou dyspraxie	191
B.	Ecriture et trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité	195
C.	Ecriture et haut potentiel intellectuel	198
	OBJECTIFS	201
I.	Procédure	202
II.	Participants	202
	RESULTATS	204
I.	Comparaisons inter-groupes : groupe avec troubles de l'écriture vs groupe contrôle	204

A.	Sur le BHK	205
B.	Sur les variables prédictives	206
C.	Sur la posture	208
II.	Les différents profils de scripteurs présentant des troubles de l'écriture	209
A.	Profil Trouble 1 : scripteurs avec troubles hétérogènes du développement	210
1.	Comparaisons inter-groupes sur le BHK : groupe avec trouble de l'écriture 1 vs groupe Contrôle 1	210
2.	Comparaisons inter-groupes sur les variables prédictives : groupe avec trouble de l'écriture 1 vs groupe Contrôle 1	214
3.	Comparaisons inter-groupes de la posture : groupe avec trouble de l'écriture 1 vs groupe Contrôle 1	216
B.	Profil Trouble 2 : scripteurs présentant des TAC	217
1.	Comparaisons inter-groupes sur le BHK : groupe avec trouble de l'écriture 2 vs groupe contrôle 2	217
2.	Comparaisons inter-groupes sur les variables prédictives : groupe avec trouble de l'écriture 2 vs groupe contrôle 2	221
3.	Comparaisons inter-groupes de la posture : groupe avec trouble de l'écriture 2 vs groupe Contrôle 2	222
	DISCUSSION SECONDE ETUDE	224
I.	Comparaison entre le groupe présentant des troubles et le groupe Contrôle	224
II.	Comparaisons inter-groupes des postures d'écriture : groupe avec trouble de l'écriture vs groupe contrôle	225
III.	Les différents profils de scripteurs avec troubles de l'écriture	226
	DISCUSSION GENERALE ET CONCLUSION	229



## SOMMAIRE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Effectifs de la population en fonction de l'âge et de la latéralité	65
Tableau 2 : Age moyen et écart-type des participants en fonction du sexe et de la latéralité	66
Tableau 3 : Mode de passation	85
Tableau 4 : Analyse factorielle en composante principale des données prédictives	91
Tableau 5 : Analyse factorielle en composante principale des items du BHK	96
Tableau 6 : Comparaison intersexe sur les 13 items, la vitesse d'écriture et les facteurs du BHK99	
Tableau 7 : Répartition des effectifs en fonction de la position de la feuille et du sexe	108
Tableau 8 : Répartition des effectifs en fonction de la position de la main et du sexe	108
Tableau 9 : Répartition des effectifs en fonction de la position du bassin et du sexe	108
Tableau 10 : Répartition des effectifs en fonction de nombre de pieds au sol et du sexe	109
Tableau 11 : Comparaison intersexe pour les variables prédictives	111
Tableau 12 : Moyenne et écart-type de la vitesse d'écriture et du facteur « réalisation motrice des lettres » par classe d'âge	113
Tableau 13 : Influence de l'âge sur le nombre de pieds au sol	114
Tableau 14 : Influence de l'âge sur la position du dos par rapport au bureau	114
Tableau 15 : Corrélations (rho de Spearman) indiquant l'influence de l'âge sur les résultats aux variables prédictives de l'écriture	116
Tableau 16 : Pourcentages des postures utilisées chez les droitiers et les gauchers	118
Tableau 17 : Influence de la position de la main sur les résultats au facteur réalisation motrice des lettres	119
Tableau 18 : Influence de la position de la feuille sur la vitesse d'écriture	120
Tableau 19 : Modèle de régressions linéaires sur la vitesse d'écriture	122
Tableau 20 : Modèle de régressions linéaires sur la note globale du BHK	123
Tableau 21 : Modèle de régression linéaire sur le facteur « réalisation motrice des lettres » du BHK	124
Tableau 22 : Modèle de régressions linéaires sur l'item « écriture grande »	124
Tableau 23 : Modèle de régressions linéaires sur l'item « écriture chaotique »	125
Tableau 24 : Modèle de régressions linéaires sur l'item « hésitations et tremblements »	125
Tableau 25 : Modèle de régression linéaire sur le facteur « formes et constance des lettres »	126
Tableau 26 : Modèle de régressions linéaires sur l'item « variations dans la hauteur des lettres troncs »	126
Tableau 27 : Modèle de régressions linéaires sur l'item « distorsion des lettres »	127
Tableau 28 : Modèle de régressions linéaires sur l'item « forme de lettres ambiguës »	127
Tableau 29 : Modèle de régression linéaire sur le facteur « organisation spatiale des lettres dans le mot »	128
Tableau 30 : Modèle de régressions linéaires sur l'item « mots serrés »	129
Tableau 31 : Modèle de régressions linéaires sur l'item « télescopages »	129
Tableau 32 : Modèle de régressions linéaires sur l'item « hauteur relative incorrecte »	130
Tableau 33 : Modèle de régression linéaire sur le facteur « organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille »	130
Tableau 34 : Modèle de régressions linéaires sur l'item « lignes non planes »	131
Tableau 35 : Modèle de régressions linéaires sur l'item « inclinaison de la marge »	131
Tableau 36 : Modèle de régressions linéaires sur l'item « liens interrompus entre les lettres »	132

Tableau 37 : Age et effectifs des profils de scripteurs	134
Tableau 38 : Comparaison statistique des six profils pour la vitesse d'écriture avec des tests de Mann Whitney	137
Tableau 39 : Comparaison statistique des six profils pour le facteur « formes et constance des lettres » avec des tests de Mann Whitney	138
Tableau 40 : Comparaison statistique des six profils pour le facteur « réalisation motrice des lettres » avec des tests de Mann Whitney	140
Tableau 41 : Comparaison statistique des six profils pour le facteur « organisation spatiale des lettres dans le mot » avec des tests de Mann Whitney	141
Tableau 42 : Comparaison statistique des six profils pour le facteur « organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille » avec des tests de Mann Whitney	143
Tableau 43 : Comparaison statistique des six profils pour le tapping séquentiel de la main dominante avec des tests de Mann Whitney	154
Tableau 44 : Comparaison statistique des six profils pour le tapping séquentiel de la main non dominante avec des tests de Mann Whitney	155
Tableau 45 : Comparaison des six profils pour les symboles avec des tests de Mann Whitney	158
Tableau 46 : Ages moyens du groupe avec troubles de l'écriture et du groupe contrôle	203
Tableau 47 : Comparaison de l'écriture entre le groupe présentant des troubles de l'écriture et le groupe contrôle	205
Tableau 48 : Comparaison des variables prédictives entre le groupe présentant des troubles de l'écriture et le groupe Contrôle	207
Tableau 49 : Comparaison entre le profil Trouble 1 et son groupe Contrôle pour l'écriture	211
Tableau 50 : comparaison entre le groupe Trouble 1 et son groupe Contrôle pour les variables prédictives	214
Tableau 51 : Comparaison entre le profil Trouble 2 et son groupe Contrôle pour l'écriture	218
Tableau 52 : Comparaison entre le profil Trouble 2 et son groupe Contrôle pour les variables prédictives	221

## SOMMAIRE DES FIGURES

Figure 1 : Influence des processus psychomoteurs, cognitifs et conatifs sur l'écriture	62
Figure 2 : Graphique des valeurs propres pour l'analyse factorielle des variables prédictives	90
Figure 3 : Graphique des valeurs propres pour l'analyse factorielle des items du BHK	95
Figure 4 : Médiane et valeurs adjacentes du facteur « formes et constance des lettres » en fonction du sexe	100
Figure 5 : Médiane et valeurs adjacentes du facteur « réalisation motrice des lettres » en fonction du sexe	101
Figure 6 : Médiane et valeurs adjacentes du facteur « organisation spatiale des lettres dans le mot » en fonction du sexe	102
Figure 7 : Médiane et valeurs adjacentes du facteur « organisation spatiale dans la feuille » en fonction du sexe	103
Figure 8 : Moyenne et écart-type des filles et garçons de 9 ans et 11 ans et plus au facteur « organisation des lettres dans le mot »	105
Figure 9 : Moyenne et écart-type des filles et garçons de 10 ans au facteur « organisation spatiale de l'écriture dans la feuille »	106
Figure 10 : Moyenne et écart-type des profils pour les quatre facteurs du BHK et la vitesse d'écriture	136
Figure 11 : Répartition des participants en fonction des profils	144
Figure 12 : Moyenne et écart-type des profils pour les variables prédictives présentant des différences significatives entre les profils	153
Figure 13 : Répartition des compétences mesurées en processus sous-jacents	165
Figure 14 : Influence des processus mesurés sur les items du BHK	175
Figure 15 : Influence des processus mesurés sur les quatre facteurs du BHK et la vitesse d'écriture	178
Figure 16 : Répartition des deux profils des enfants présentant des troubles	210
Figure 17 : Moyenne et écart-type des profils Trouble 1 et Contrôle 1 pour l'écriture présentant des différences significatives entre les profils	212
Figure 18 : Moyenne et écart-type des profils Trouble 1 et Contrôle 1 pour les variables prédictives présentant des différences significatives entre les profils	215
Figure 19 : Moyenne et écart-type des profils Trouble 2 et Contrôle 2 pour l'écriture présentant des différences significatives entre les profils	219
Figure 20 : Moyenne et écart-type des profils Trouble 2 et Contrôle 2 pour les variables prédictives présentant des différences significatives entre les profils	223

## INTRODUCTION

L'écriture a été inventée il y a environ 5 000 ans, elle était destinée à communiquer avec les dieux ou répondait à des besoins socio-économiques. L'écriture est apparue quand la trace graphique a cessé d'être une simple représentation figurative, pour devenir un vecteur graphique de la parole. Lorsque les signes se combinent pour former un code graphique, il s'agit d'écriture (Bonfante, Chadwick, Cook, Davies, Healey, Hooker & Walker, 1994 ; Cohen & Peignot, 2005). Les cultures lettrées sont envahies par l'écrit. Avant son entrée à l'école primaire, l'enfant de ces cultures baigne dans un monde d'écrits : les panneaux publicitaires ou de circulation, les journaux, les livres, *etc.* Donc, avant même d'apprendre à écrire, il possède une représentation de l'écrit et imite les adultes dans leurs comportements et gestes scripteurs. D'ailleurs, les mouvements du membre supérieur nécessaires à l'écriture se développent grâce aux jeux graphiques réalisés dès le plus jeune âge de l'enfant : d'abord le gribouillage, puis les dessins (Lurçat, 1985). Vers 4-5 ans, l'enfant prend conscience que l'écriture est un élément graphique différent du dessin, il commence à imiter l'écriture, en alignant des traits de crayon assez réguliers.

Les liens entre l'histoire de l'écriture et le développement de l'écriture chez l'enfant sont abordés par Vygotski (*in* Schneuwly, 2008). En effet, pour cet auteur, toute construction psychique supérieure est sociale, dans chaque société, la relation à l'écriture diffère en fonction de son utilisation dans la société ; l'utilisation peut être d'ordre spirituel (communication avec des dieux) ou matérielle (gestion, administration, informations, *etc.*). Le regard sur l'écriture de l'enfant qui apprend à écrire et celui de l'adulte qui lui apprend variera en fonction de l'utilisation qui en est faite, ce qui influencera les modes d'apprentissage ou la motivation d'apprendre. La

relation des individus à l'écrit est donc modifiée en fonction de l'utilisation et de la représentation de l'écrit dans leur société.

Actuellement, la question de l'intérêt de l'écriture manuscrite dans le développement de l'enfant peut être posée ; effectivement la démocratisation de l'accès au numérique et donc à l'écriture « tapée » sur un clavier interroge sur la nécessité d'apprendre à écrire de façon manuscrite. Lurçat (1988) affirme que l'écriture dactylographiée est une technique, alors que l'écriture manuscrite est un moyen de conceptualisation car les liens entre le langage et l'usage signifiant des signes (les lettres) se réalisent grâce à l'apprentissage de l'écriture manuscrite. Nous pouvons ajouter qu'une représentation spatiale globale de la feuille, qui favorise une organisation et une structuration de la pensée, se perd avec l'utilisation du traitement de texte qui fournit une vision parcellaire de l'espace feuille.

L'écriture manuscrite, notre objet d'étude, nous paraît importante à l'acquisition des apprentissages de l'enfant. Pour la réalisation de l'écriture, le lien entre acte moteur et outil de pensée est indispensable, car l'intérêt de l'écriture réside dans sa représentation du langage, sinon il ne s'agit plus d'écriture mais d'expression artistique. Ici, nous nous intéresserons uniquement à l'écriture manuscrite comme acte moteur. En France, l'enfant peut être scolarisé dès l'âge de 3 ans, où les enseignants le préparent progressivement grâce à différents exercices qui favorisent le développement de la motricité fine graphique (par exemple : copie de signes pré-scripturaux) prévus dans le programme scolaire. Ce sont des prérequis à l'étape suivante entamée à l'âge de 6 ans. Age officiel en France auquel il apprend à lier le code graphique aux sons par la lecture et par l'écriture. Dans la suite de ses études, le système scolaire s'appuie sur l'écriture manuscrite, en permanence, comme support des apprentissages et considère l'écriture comme un acquis. Mais, l'écriture continue de croître et d'évoluer jusqu'à l'âge adulte. Nous nous intéressons aux enfants âgés de 8 à 12 ans car sur cette tranche d'âge l'écriture de l'enfant évolue, change, se

développe (Ajuriaguerra *et al.*, 1956). De nombreuses compétences psychomotrices (Athènes & Guiard, 1990 ; Goyen & Duff, 2005 ; Kaiser, Albaret & Doudin, 2009), cognitives (Tucha, Mecklinger, Walitza & Lange, 2006 ; Zesiger, 1995) et conatives (Piek, Bayman & Barrett, 2006 ; Piek, Dawson, Smith & Gasson, 2008 ; Skinner & Piek, 2001) interviennent dans le développement de l'écriture. Le terme de compétence doit être compris ici comme un terme qui permet de décrire le niveau de développement, de capacité ou de réussite atteint par l'enfant à l'instant précis où il est testé. Dans la suite du texte, ce terme ne revêtira à aucun moment une quelconque idée d'excellence ou de surdouance. Nous l'utilisons dans une perspective descriptive sans aucune connotation négative ou positive, comme le terme anglophone *skills*.

Nous chercherons à confirmer, dans le cadre de ce travail de thèse, les compétences psychomotrices, cognitives et conatives qui interviennent dans le développement de l'écriture chez les enfants âgés de 8 à 12 ans et à mettre en évidence la manière dont elles influencent l'écriture. Dans une perspective développementale et différentielle (*cf.* première étude), nous étudierons les liens entre ces compétences et l'écriture, chez l'enfant tout-venant, puis, dans une perspective comparative (*cf.* seconde étude), nous analyserons les différences entre des enfants présentant des troubles de l'écriture et des enfants tout-venant servant de groupe témoin. Cette thèse se présente donc sous la forme de deux études distinctes, correspondant à ces deux perspectives, elles s'appuient sur la même méthode afin de mettre en évidence l'influence des compétences psychomotrices, cognitives et conatives sur l'écriture.

Dans le chapitre suivant (§ I), nous présenterons le développement, selon des approches descriptives et cognitives, de l'écriture et ses spécificités différentielles et qualitatives. Puis (§ II), nous indiquerons les liens et les influences, démontrés par des recherches antérieures, des compétences psychomotrices, cognitives et conatives sur l'écriture. Ces présentations permettront

de justifier et d'expliquer la tranche d'âge choisie et notre approche spécifique de l'écriture qui sera étudiée comme un processus plurifactoriel (l'écriture est un processus composite issue d'une convergence de nombreuses compétences) dans une perspective différentielle (les enfants s'appuient sur des compétences différentes en fonction de leur développement spécifique pour maîtriser l'écriture, il existe donc plusieurs voies de développement de l'écriture).

## **PREMIERE PARTIE**

### **I. L'écriture chez l'enfant**

#### A. Définition

Parmi les différentes définitions usuelles de l'écriture (Petit Robert, 2003), deux semblent correspondre à l'écriture que nous allons étudier :

- a. « manière personnelle dont on trace les caractères ; ensemble des caractères ainsi tracés » (p. 833) ;
- b. « représentation de la parole et de la pensée par des signes graphiques conventionnels destinés à durer » (p. 832).

Nous nous intéressons, dans le cadre de cette recherche, uniquement à l'aspect moteur de l'écriture (définition a) et non à son aspect symbolique (définition b). Mais pour qu'il y ait un acte moteur d'écriture, l'enfant doit avoir compris la portée symbolique de l'écrit. C'est pourquoi, les définitions dans le domaine de la psychologie relient ces deux aspects de l'écriture (moteur et symbolique). Ainsi, Bullinger (2004) définit l'écriture comme « la formation d'un geste aboutissant à la production d'un graphème » (p. 97) demandant la coordination « de séquences de mouvements qui sont ressentis à travers la proprioception (une coordination entre la sensibilité profonde et des signaux issus du système tactile et du système visuel périphérique) » (p. 97). Cette définition décrit notre objet d'étude, bien que l'écriture ne se réduise pas à la production d'un graphème unique. En effet, les mots se composent de plusieurs graphèmes associés, cette association complique le geste graphique que nous définissons comme



l'association de l'ensemble des séquences motrices nécessaires à l'écriture d'un mot ou à la réalisation d'un dessin.

L'apprentissage de l'écriture est l'« acquisition du geste graphique considéré comme une habileté sensori-motrice afin de s'exprimer et de communiquer par écrit » (Savoyant, 1997, p. 408 *in* Bloch *et al.*, *op. cit.*). Cet apprentissage devient possible quand « l'enfant intègre dans sa motricité des lettres et des mots perçus visuellement ou mémorisés » (Lurçat, 1985, p. 29). Des liens entre la sphère motrice et la sphère phonologique doivent s'établir, ils permettent à l'enfant de représenter le mot en signes graphiques à partir d'un mot entendu ou représenté en image. L'apprentissage de l'écriture est lié à son développement que nous allons décrire.

## B. Développement de l'écriture

Ajuriaguerra (1951) conceptualise le développement de l'écriture en fonction de l'âge de l'enfant en termes de « croissance de l'écriture », car l'écriture s'améliore : elle devient plus rapide (la vitesse est calculée en comptant le nombre de lettres écrites en une minute), moins tremblante, plus souple, plus régulière et moins maladroite avec l'âge. La croissance de l'écriture est à mettre en relation avec de plus grandes possibilités motrices et le développement intellectuel. Pour Perron et Coumes (*in* Ajuriaguerra, Auzias, Coumes, Denner, Lavondes-Monod, Perron & Stambak, 1956), la croissance de l'écriture fait partie du développement moteur, intellectuel, affectif, neurologique, *etc.* de l'enfant et en est le reflet. De nombreux tests (Bruinsma & Nieuwenhuis, 1991) de mesure de la qualité de l'écriture ont été créés, l'échelle E, construite par Ajuriaguerra *et al.* (*op. cit.*), est l'une des plus utilisées en France. Pour ce test, les enfants doivent écrire un texte sous la dictée sur une feuille blanche. L'échelle E permet de quantifier la qualité d'écriture des enfants (en mesurant les difficultés d'exécution des séquences

motrices constituant l'écriture). Ce texte est noté par deux professionnels, car l'utilisation est sujette à la subjectivité du professionnel, la fidélité intra-juge a été avérée (Albaret, 2003). Ce test présente un étalonnage ancien et nombre de critères ne correspondent plus attentes actuelles de l'écriture. A partir des années 80, la technique informatique a été de plus en plus utilisée afin d'objectiver le plus possible les observations. Des tablettes graphiques, appelées également tables digitalisantes, sont reliées à un ordinateur et mesurent la pression, les levers de crayon, les pauses, *etc.* Grâce à ces techniques, Meulenbroek et Van Galen (1988) et Zesiger (1995) ont pu observer d'autres variables que celles généralement relevées lors des tests précédents : la durée d'écriture, la taille de productions, la vitesse moyenne d'exécution, la dysfluence moyenne du mouvement (nombre d'accélération et de décélération dans le mouvement), le nombre et la durée des pauses.

Les travaux que nous allons détailler s'appuient sur l'ensemble des techniques décrites. Le développement de l'écriture s'appuyant sur celui du graphisme (Lurçat, 1983), nous proposons un modèle de développement du graphisme, puis de l'écriture, que nous allons présenter à partir des travaux de :

- ◆ Lurçat (1974) qui a décrit le développement du graphisme. Elle l'a observé chez l'enfant dès l'âge de 18 mois et s'est appuyée sur les conceptions développementales de Wallon pour le construire ainsi que sur les stratégies de contrôle du geste graphique ;
- ◆ Perron et Coumes (*in Ajuriaguerra et al., op. cit.*) qui proposent un modèle descriptif en trois grandes étapes de la croissance de l'écriture ;
- ◆ Phelps, Stempel et Speck (1985), Hamstra-Bletz et Blöte (1990) qui ont étudié le développement de la vitesse d'écriture ;

- ◆ Meulenbroek et Van Galen (*op. cit.*) et Zesiger (*op. cit.*) qui présentent deux modèles cognitifs complémentaires du développement de l'écriture.

Le modèle synthétique que nous proposons à partir de ces différents auteurs s'étend de l'âge de 18 mois à 16 ans et se décompose en sept stades successifs, dont les noms ont été proposés par Lurçat (*op. cit.*) pour les quatre premiers et par Perron et Coumes (*op. cit.*) pour les trois derniers :

#### 1. La phase motrice (de 18 mois à 2 ans)

A partir de 18 mois, l'enfant produit spontanément des gribouillages et commence à tracer des traits définis. La préhension du crayon a une influence sur le développement du graphisme : vers 12-18 mois, la prise du crayon est palmaire (opposition des doigts à la paume), elle devient plus digitale, vers 2 ans, le crayon est tenu entre le pouce et les doigts. L'enfant fait des mouvements de balayage avec les deux mains, ensuite il produit des tracés circulaires, mais dans un seul sens : le sens horaire avec la main droite et antihoraire avec la main gauche. Les mouvements partent principalement du coude et de l'épaule. L'enfant réalise, d'abord, ses traces dans l'hémichamp de la feuille qui correspond au membre de l'hémicorps utilisé, à partir de 20 mois, il peut croiser l'hémichamp et la main (Lurçat, *op. cit.*).

#### 2. La phase perceptive (de 2 à 3 ans)

A partir de 24 mois, l'enfant apprend à contrôler l'espace graphique (contrôle principalement kinesthésique). Peu après 24 mois, l'enfant contrôle visuellement ses tracés, cela lui permet de réaliser des tracés plus discontinus. La vision suit d'abord la main, puis elle accompagne le geste graphique et guide la main. Deux types de contrôles peuvent être observés :

- ◆ le contrôle local, essentiellement kinesthésique, qui permet de produire des cercles fermés et des angles ;
- ◆ le contrôle global qui constitue une anticipation visuelle de l'acte moteur.

Grâce à ce double contrôle, le geste graphique est réajusté de son début à sa fin. Vers 30 mois, le répertoire de tracés graphiques de l'enfant s'étend et l'enfant est capable d'imiter l'écriture (Lurçat, *op. cit.*).

### 3. La phase représentationnelle (de 3 à 4 ans)

Vers 3-4 ans, il y a un changement qualitatif dans les productions de l'enfant avec une objectivation de l'acte graphique, c'est-à-dire que le but de l'enfant est désormais de produire une trace qui représente un objet. A partir de 3 ans, le répertoire graphique de l'enfant augmente encore, il est mieux contrôlé et plus varié. Il peut réaliser des boucles, des vagues, *etc.* Vers 3-4 ans, l'enfant apprend à faire des cercles dans les deux sens (horaire et antihoraire) avec la même main. Visuellement, l'enfant perçoit la différence entre le dessin et l'écriture. Ce n'est pas avant 4 ans que l'enfant comprend la portée symbolique de l'écriture, l'enfant réalise les simulacres d'écriture pour les tracés eux-mêmes (Lurçat, *op. cit.*).

### 4. La phase de la genèse de la lettre (de 5 à 6 ans)

Cette phase se situe vers 5 ans, quand l'enfant dessine les lettres en les recopiant pour apprendre à écrire son prénom, notamment. Il s'agit d'une étape préparatoire à l'apprentissage de l'écriture. Même si l'enfant cherche à apprendre toujours davantage, le stock de lettres mémorisées est faible et reste stable, elles sont copiées à l'envi par l'enfant. Les lettres subissent

des modifications et des distorsions, la forme de la lettre et son orientation spatiale ne sont pas stables dans le temps (Lurçat, *op. cit.*).

#### 5. La phase précalligraphique (de 5-6 ans à 8-9 ans)

D'un point de vue descriptif, à 5-6 ans (la variabilité individuelle est très importante), l'enfant est incapable de respecter les exigences des normes calligraphiques. Les traits droits sont cassés, arqués, tremblés ou retouchés. Les courbes sont cabossées, anguleuses, mal fermées ou trop fermées. La dimension des lettres et leur inclinaison sont mal contrôlées. Les liaisons entre les lettres sont difficiles ou maladroitement. Les lignes d'écriture sont cassées, ondulantes, montent ou plus souvent descendent. Les marges sont absentes, irrégulières ou excessives. Ces difficultés sont liées à une incapacité motrice de type maturationnel et pas seulement à un manque d'exercice de l'écriture. La prise du crayon adulte, sous forme de tripode (opposition pouce-index et support du majeur en extension), est quasiment atteinte à l'âge de 6 ans, ce sont les mouvements des doigts et du poignet qui produisent les traces graphiques (Perron & Coumes, *op. cit.*).

Une diminution de la taille de l'écriture est observée entre 7 et 9 ans, et Phelps, Stempel et Speck (1985) montrent une accélération de la vitesse d'écriture des enfants de leur échantillon entre 8 et 9 ans la vitesse augmente de 25 caractères écrits par minute en moyenne à 37 caractères. Hamstra-Bletz et Blöte (*op. cit.*) confirment l'évolution de la vitesse d'écriture à 7 ans les enfants écrivent 24 caractères par minute en moyenne, à 8 ans 35 caractères et à 9 ans 46 caractères. Cette accélération semble liée à la pratique régulière de l'écriture.

D'un point de vue cognitif, de 7 à 8 ans, il apparaît une nette amélioration de l'ensemble des indices mesurés par la table digitalisante (durée de production, dysfluence, le nombre et la durée des pauses, la taille des lettres et la pression) comme l'attestent les recherches de

Meulenbroek et Van Galen (*op. cit.*) et Zesiger (*op. cit.*). Ils ont interprété ces indices en terme de stratégie de contrôle du geste de l'écriture utilisée avant 8 ans, l'enfant adopte une stratégie de contrôle rétroactive, il s'appuie sur le *feedback* visuel et tactilo-kinesthésique pour réguler son écriture.

#### 6. La phase calligraphique infantile (de 8-9 ans à 12 ans)

D'un point de vue descriptif, à 8-9 ans, l'enfant accède à l'écriture « calligraphique ». Il a déjà réussi à maîtriser les principales difficultés de tenue et de guidage du crayon, ce qui limite les répercussions sur l'écriture : l'écriture s'assouplit, se régularise et les lettres sont davantage liées. Les lettres correspondent quasiment aux normes imposées par la calligraphie. Les lignes sont droites et régulièrement espacées, les marges correctes (Perron & Coumes, *op. cit.*).

D'un point de vue cognitif, entre 8 et 9 ans, la durée de production (le temps moyen d'écriture) se réduit, quand la dysfluence et la taille de l'écriture diminuent. Entre 9 et 10 ans, la durée et le nombre de pauses réduisent. A partir de 10 ans, la trajectoire des lignes d'écriture et la durée des pauses atteignent, dès cet âge, le niveau des adultes. Ceci suppose qu'il se construit une représentation interne des mouvements. Les enfants passent d'une stratégie rétroactive à une stratégie proactive (Meulenbroek & Van Galen, *op. cit.* ; Zesiger, *op. cit.*). La stratégie de contrôle proactif est mise en place entre 8 et 10 ans, ce mode de contrôle de l'écriture est fondé sur une représentation interne du mouvement (le programme moteur), ce changement de stratégie entraîne une perte de précision dans le geste graphique. Pour Zesiger (*op. cit.*), ce changement s'explique car « dès l'âge de 9 ans, les enfants disposeraient d'une mémoire tampon graphémique suffisamment performante pour maintenir temporairement une séquence de six lettres, alors que les enfants de 8 ans devraient parfois réactiver cette représentation » (p. 184). L'augmentation de la mémoire tampon motrice (mémoire de stockage temporaire appartenant à la mémoire de

travail) peut être aussi un facteur de ce changement de stratégie. Les enfants apprennent à exécuter un trait tout en programmant les traits à venir. Les capacités de programmation motrice restent rigides et peu modulables. Quand la représentation centrale du mouvement est meilleure, les enfants écrivent nettement plus rapidement, mais la précision diminue, la variabilité de l'ensemble des indices et la pression augmentent. L'ensemble de ces changements permet à la vitesse d'écriture de continuer de croître de 37 caractères écrits en une minute en moyenne à 9 ans à 47 caractères à 10 ans (Phelps *et al.*, *op. cit.*) (de 46 caractères à 9 ans à 54 caractères à 10 ans, selon Hamstra-Bletz et Blöte, *op. cit.*). Le traitement simultané de la programmation et de l'exécution des mouvements continue de s'améliorer.

Entre 10 et 11 ans, peu de changements apparaissent. En effet, la durée, la longueur, la pression et la vitesse restent stables. La perte de précision qui semble être liée au changement de stratégie est compensée vers 11 ans, car les différents indices de mesure de l'écriture s'améliorent encore. En revanche, la vitesse d'écriture continue de croître de 47 caractères écrits en une minute à 10 ans en moyenne à 57 caractères à 11 ans (selon Phelps *et al.*, *op. cit.*) (de 54 caractères à 10 ans à 66 caractères à 11 ans, selon Hamstra-Bletz & Blöte, *op. cit.*). C'est une phase de régularisation de l'écriture. L'écriture atteint son niveau de maturité vers 10-12 ans et témoigne d'une maîtrise graphique correcte. Entre 11 et 12 ans, l'enfant peut augmenter la taille de son écriture, il augmente aussi sa vitesse : à 11 ans, il écrit 57 caractères en une minute, tandis qu'à 12 ans, il en écrit 62 (selon Phelps *et al.*, *op. cit.*).

#### 7. La phase postcalligraphique (à partir de 12 ans)

D'un point de vue descriptif, entre 12 et 16 ans, apparaît une « crise de l'écriture » (Ajuriaguerra, *et al.*, *op. cit.*), car les exigences du milieu changent. L'écriture calligraphique infantile est trop lente pour traduire une pensée qui s'assouplit et s'enrichit, appuyée par une

maîtrise de langue accrue. Cette lenteur d'écriture ne permet pas la prise de notes utilisée au lycée et dans l'enseignement supérieur et elle est aussi peu économique en temps et en énergie. Le sujet cherche donc à lier plus et mieux les lettres entre elles, il les dépouille de tout ornement et de détails inutiles à leur identification (par exemple, il supprime les boucles des *r*). Il s'affranchit des normes calligraphiques enfantines (Perron & Coumes, *op. cit.*). Au cours de l'adolescence, le sujet construit donc un compromis optimal entre les contraintes liées au but de l'écriture (la communication d'une information), la lisibilité et les contraintes (la vitesse d'écriture) permettant de réaliser la tâche avec un coût minimal.

D'un point de vue cognitif, entre 12 ans et l'âge adulte, l'individu gagne en efficience, en automatisation et en économie. La durée, la dysfluence et le nombre de pauses diminuent et les vitesses augmentent. L'écriture du scripteur expérimenté s'appuie sur le contrôle proactif de l'écriture, le *feedback* visuel est essentiel dans l'agencement spatial de l'écriture. Le regard a, à la fois, un rôle proactif et rétroactif, il précède la main afin de favoriser la rectitude de la ligne, mais il vérifie aussi la trace écrite afin de maintenir la taille des lettres, l'espacement des mots, mais surtout de placer les signes comme les accents ou les barres de *t*. L'écriture experte s'appuie donc sur différentes stratégies (*feedback* tactilo-kinesthésique et visuel) afin de maîtriser l'ensemble des caractéristiques de l'écriture.

En conclusion, à partir des différents travaux réalisés, nous pouvons décrire ainsi les principales étapes de développement :

- 1- phase de découverte de l'écriture (du niveau moteur au niveau représentationnel),
- 2- phase d'apprentissage de l'écriture (de la phase de la genèse de la lettre à la phase pré-calligraphique),
- 3- phase de perfectionnement de l'écriture (pendant la phase calligraphique infantile),



4- crise de l'écriture (à la fin de la phase calligraphique infantile),

5- phase de personnalisation de l'écriture (pendant la phase post-calligraphique).

Notre recherche porte sur la transition de la phase de perfectionnement de l'écriture vers la phase de personnalisation de l'écriture. Pour Perron et Coumes (*op. cit.*) et Auzias et Ajuriaguerra (1986), les différences importantes d'écriture, liées à la personnalisation de l'écriture, ne peuvent pas être dues au hasard, c'est pourquoi à partir de la dite phase de personnalisation de l'écriture, ces auteurs pensent que l'écriture « exprime certains aspects de l'individu » (Perron & Coumes, *op. cit.*, p. 28). Des recherches plus récentes (Furnham, Chamorro-Premuzic & Callahan, 2003 ; Super, 1992 ; Thiry, 2008) infirment l'existence de ce lien entre écriture et personnalité. Ce débat sur la graphologie sort du cadre de cette thèse. En revanche, sur la tranche d'âge qui nous concerne, ces différences interindividuelles ont été souvent citées. Celle qui a fait l'objet de plus d'attention est celle du sexe.

### C. Ecriture et genre

Phelps *et al.* (1985) indiquent que chez les enfants de 8 à 14 ans, les filles écrivent plus rapidement que les garçons et parmi les enfants qui ont une note supérieure à la moyenne en qualité d'écriture 70% sont des filles. Hamstra-Bletz et Blöte (1990) ont mené une étude longitudinale pendant 3 à 5 ans sur 127 enfants dès l'âge de 7 ans (68 garçons et 59 filles). Ces auteurs trouvent des différences entre les filles et les garçons :

- ◆ 70% des filles de 7-8 ans ont une écriture de petite taille, contre 35% des garçons de même âge ;

- ◆ à partir de 10 ans, les filles lient moins les lettres que les garçons, elles mélangent écriture cursive et scripte. La personnalisation de l'écriture apparaît donc plus tôt chez les filles que chez les garçons.

Globalement, les filles sont en avance sur le développement de la qualité de l'écriture par rapport aux garçons, longtemps après la fin de la phase de l'apprentissage. En revanche, pour ces auteurs, il n'y a pas de différence de vitesse d'écriture entre les filles et les garçons. A l'inverse, les travaux de Dorfberger, Adi-Japha et Karni (2009) montrent que les filles écrivent plus rapidement que les garçons à 12 ans, mais cette différence intersexe n'apparaît ni à 9 ans, ni à 17 ans. Ces contradictions empiriques sur la vitesse d'écriture sont probablement liées aux traitements statistiques : en effet, Hamstra-Bletz et Blöte (*op. cit.*) ont comparé les deux sexes sans tenir compte de l'âge, tandis que Dorfberger *et al.* (*op. cit.*) ont proposé des comparaisons intersexes par tranche d'âge.

Vlachos et Bonoti (2006), qui ont étudié l'écriture de 210 enfants âgés de 7 à 12 ans avec l'échelle d'écriture de la batterie de tests neuropsychologiques de Luria-Nébraska (Golden, 1981, *in* Vlachos & Bonoti, *op. cit.*), ne trouvent de différences intersexes qu'à certains âges. En effet, les filles ont une meilleure qualité de l'écriture à 7-8 ans et à 11-12 ans que les garçons mais, à 9-10 ans, il n'apparaît pas de différence entre les sexes, ni quand le groupe (les 210 enfants) est considéré dans sa globalité. Le développement de l'écriture n'est pas continu chez les filles, elles réalisent des paliers dans le développement de l'écriture, tandis que les garçons semblent présenter un développement continu.

A l'inverse des recherches précédentes, Weintraub et Graham (2000) ne trouvent pas de différence de lisibilité d'écriture entre les filles et les garçons âgés de 10 ans, qu'ils soient bons ou mauvais scripteurs. Ils expliquent cette absence de différence entre les sexes par l'utilisation dans le traitement statistique de la note globale du *Test Of Legible Handwriting* (TOLH) qui

suppose que l'écriture est une construction unitaire (un processus global). Ces auteurs pensent que l'écriture n'est pas une construction unitaire mais composite (processus plurifactoriel), qui s'appuie sur des éléments simples comme la formation des lettres, la taille de l'écriture ou l'alignement des lettres, par exemple.

Ces recherches relatives à l'effet du genre sur la qualité et la vitesse d'écriture sont d'apparence contradictoire et indiquent que l'étude des critères d'analyse de l'écriture (par exemple : vitesse, liens entre les lettres, taille de l'écriture) étudiés séparément révèle des différences intersexes en faveur des filles. Ces différences apparaissent à :

- ◆ 7-8 ans : les filles utilisent de façon plus efficace la stratégie rétroactive,
- ◆ 11-12 ans : les filles personnalisent leur écriture plus précocement que les garçons.

Ces différences disparaissent donc avec le changement de stratégie de l'écriture (9-10 ans) et avec la personnalisation de l'écriture (après 12 ans). Les filles présenteraient des paliers dans le développement de l'écriture, alors que celui des garçons semblerait continu.

#### D. La plurifactorialité de l'écriture

L'ontogenèse que nous avons décrite (p. 6 à 14) met en évidence que l'écriture est un processus composite ou plurifactoriel (Weintraub & Graham, 2000). C'est dans cette perspective que Mojet (1991) a étudié l'écriture comme un processus plurifactoriel. Cette recherche est réalisée avec 300 enfants de 7 à 12 ans, 30 garçons, 30 filles par niveau scolaire. L'écriture est mesurée selon 14 critères :

- ◆ 13 critères qualitatifs : alignement des lettres et des mots, distance entre les mots, distance entre les lettres, pente de la marge, taille des lettres, proportions entre les

lettres, uniformité de l'aspect calligraphique, reconnaissance des lettres hors du contexte, qualité de la ligne, continuité du trait, retouche des lettres, pression d'écriture et vitesse d'écriture évaluée par une note fondée sur les normes attendues par niveau scolaire ;

- ◆ un critère quantitatif : la vitesse d'écriture évaluée par le nombre de lettres par minute.

Suite à une analyse factorielle de ces 14 critères, il trouve une structure en quatre facteurs :

- ◆ le facteur 1, appelé « forme », est composé de l'uniformité de l'aspect calligraphique, la distance entre les lettres, l'alignement des lettres et des mots, la taille des lettres et la reconnaissance des lettres hors du contexte. Ces items mesurent l'exactitude et l'uniformité de l'écriture et font appel au contrôle de la forme de l'écriture. Il apparaît des corrélations positives entre le niveau scolaire et les différents items du facteur « forme », sauf pour la reconnaissance des lettres, qui est un critère de l'écriture qui n'augmente pas avec le niveau d'étude ;
- ◆ le facteur 2, appelé « vitesse », est composé des deux items qualitatifs et quantitatifs de vitesse d'écriture ;
- ◆ le facteur 3, appelé « qualité de la ligne », est composé de la qualité de la ligne et de la pression d'écriture. Ces items mesurent la facilité de l'écriture et font appel à l'habileté du mouvement ;
- ◆ le facteur 4, appelé « espacement », est composé uniquement de la distance entre les mots. Cet item mesure la régularité de la distance entre les mots et lui seul mesure la régularité de l'espacement.

L'approche plurifactorielle de l'écriture a aussi été utilisée par Peebles et Retzlaff (1991) pour une étude menée avec 244 adultes, hommes et femmes étudiants, âgés de 18 à 32 ans. Ces participants ont écrit un texte de deux paragraphes contenant toutes les lettres de l'alphabet et tous les chiffres. Ces auteurs ont retenu des caractéristiques de l'écriture dont certains items sont différents de celles de Mojet (*op. cit.*) : les angles d'inclinaison des lettres ou des lignes, la taille des lettres ou d'éléments de lettres ou encore l'espace disponible utilisé par les lettres. Ils trouvent trois facteurs :

- ◆ le premier facteur est appelé « hauteur », il comprend la taille des lettres en hauteur et de leurs projections vers le haut et vers le bas, comme les lettres *l*, *g* ou *f* par exemple ;
- ◆ le deuxième facteur est appelé « largeur », il comprend la taille des lettres en largeur, la distance entre les mots ou la taille des marges à droite ;
- ◆ le troisième facteur est appelé « angles », il comprend les angles d'inclinaison des lettres et des lignes.

Le premier facteur « hauteur » s'appuie sur le contrôle moteur des traits ascendants et descendants, quant aux deux autres facteurs « largeur » et « angles », ils sont influencés par le contrôle de la direction de l'écriture.

Ces deux recherches indiquent que, quels que soient les critères d'analyse de l'écriture choisis (qualitatifs ou quantitatifs), l'écriture est un processus plurifactoriel qui se retrouve aussi bien chez les enfants que chez les adultes. Or, la majorité des études, présentées ci-après bien que postérieures à celles de Mojet (*op. cit.*) et Peebles *et al.* (*op. cit.*), utilisent la note globale des tests d'écriture pour les analyses des résultats. Cette utilisation laisse penser que l'écriture est un processus global mais, comme nous venons de le voir, l'écriture est un processus plurifactoriel.

## E. Profils de scripteurs

Un grand nombre de recherches fondées sur une note globale de l'écriture, menées chez l'enfant tout-venant, propose deux types de profils d'enfants : les « bons scripteurs » et les « mauvais scripteurs » (Goyen & Duff, 2005 ; Graham, Struck, Santoro & Berninger, 2006 ; Weintraub & Graham, 2000). La recherche de Graham *et al.* (*op. cit.*) porte sur la lisibilité de l'écriture de 200 enfants américains de 6 à 8 ans. Ces auteurs proposent un modèle de production d'écriture lisible chez les apprentis scripteurs, ce modèle se compose d'une succession de stratégies que l'enfant met en place pour placer les lettres et organiser son geste :

- ◆ la première étape est nommée « étape du programme moteur » (*motor program stage*) : l'enfant possède un programme moteur pour chaque lettre, comme présenté précédemment par Zesiger (1995, *cf.* p. 11). Ce processus est objectivé par l'observation du nombre de traits manquants ou ajoutés aux lettres lors de l'écriture ;
- ◆ la deuxième étape est nommée « étape des réglages des paramètres de l'organisation visuo-spatiale » (*visual spatial arrangement parameter setting stage*) : l'enfant décide de l'endroit dans la feuille où il va placer la lettre. Ce processus est objectivé par l'observation de l'alignement des lettres sur une ligne horizontale et de l'espace entre les mots et entre les lettres dans un mot ;
- ◆ la troisième étape est nommée « étape de réglage des paramètres de production de la lettre » (*letter production parameter setting stage*) : l'enfant règle l'ensemble des paramètres précités pour exécuter le programme moteur. Ce processus est objectivé par l'observation de la hauteur des lettres (telles que le *l*, *b*, *d*, *h*, *f*), de l'angle

d'inclinaison des lettres (par rapport à un angle droit réalisé à partir de la ligne horizontale d'écriture) et de renversement des lettres (*a* pour *e*).

Graham *et al.* font l'hypothèse que si le programme moteur (comprenant les trois étapes) est immature (incomplet ou déformé), l'enfant commet de nombreuses erreurs qui entravent la lisibilité de son écriture, la qualité de celle-ci prédisant le statut de « bon » ou de « mauvais » scripteur de l'enfant. Pour répondre à cette hypothèse, les épreuves utilisées se composent d'une copie de texte, de la réalisation d'une rédaction libre et de l'écriture de l'alphabet en lettres majuscules. Pour mesurer la lisibilité des textes, les codeurs se sont appuyés sur le TOLH (*Test Of Legible Handwriting*). Les résultats comparant deux groupes d'âge 6-7 ans et 7-8 ans, indiquent que :

- ◆ l'espace moyen entre les lettres d'un mot et entre les mots reste stable entre les âges ;
- ◆ la taille des lettres en copie de texte varie, entre les âges, en rédaction libre et en écriture de l'alphabet ;
- ◆ la qualité d'écriture des enfants en copie de texte est similaire dans les deux groupes d'âge ;
- ◆ le nombre moyen de renversements de lettres est identique dans les deux groupes d'âge pour toutes les épreuves ;
- ◆ pour les enfants de 6-7 ans, il y a davantage de renversements de lettres dans l'alphabet que dans la copie ou la rédaction que pour les enfants de 7-8 ans ;
- ◆ la moyenne de traits manquants est plus importante dans l'écriture de l'alphabet que dans la copie de texte et la rédaction pour tous les âges ;
- ◆ la taille des lettres en copie est supérieure à la taille des lettres en rédaction pour tous les âges.

Les enfants ont ensuite été répartis en deux groupes d'expertise de l'écriture, le premier est appelé « bon scripteur » et le second « mauvais scripteur ». Dans ce dernier groupe sont placés les enfants qui se situent à plus d'une déviation standard par rapport à la moyenne de leur groupe d'âge. Il apparaît des différences significatives entre le groupe de bons scripteurs et le groupe de mauvais scripteurs concernant les variables suivantes :

- ◆ l'espace entre les mots varie plus pendant la rédaction chez les mauvais scripteurs que chez les bons. Il en est de même en ce qui concerne l'espace entre les lettres dans le mot et l'alignement des lettres ;
- ◆ la taille des lettres des bons scripteurs est plus importante que celle des mauvais ;
- ◆ le nombre de traits ajoutés est deux fois plus important chez les mauvais scripteurs que chez les bons.

Les résultats montrent que le modèle de production d'écriture lisible, proposé par ces auteurs, est confirmé par une analyse hiérarchique. L'utilisation de ce modèle, en trois étapes de programmation du geste, permet de classer correctement comme bons ou mauvais scripteurs 96% des enfants pour la copie de texte et 91% des enfants pour la rédaction. Les résultats de cette recherche ne vont pas dans le même sens que les résultats présentés par les recherches Perron et Coumes (1956) et Zesiger (*op. cit.*). En effet, dans ces deux dernières recherches, plus la taille de l'écriture est importante plus l'enfant présente des difficultés en écriture, tandis que, dans la recherche de Graham *et al.* (*op. cit.*), le TOLH évalue exactement l'inverse. Cette contradiction s'explique par l'influence culturelle que subit l'écriture. En France, les enfants écrivent avec une écriture cursive, avec une phase de personnalisation de l'écriture, tandis qu'aux Etats-Unis, la formation et les attentes en écriture sont très différentes : la formation à l'écrit se fait exclusivement sur une écriture scripte sans phase de personnalisation.



Mojet (*op. cit.*), quant à lui, avait proposé une classification des enfants tout-venant mais selon deux critères : la vitesse d'écriture (lente ou rapide) et la forme des lettres (bonne ou mauvaise). Il propose de classer les enfants selon quatre types :

- ◆ type A : scripteurs rapides avec une bonne forme. Leur écriture est de petite taille, la forme des lettres et l'organisation spatiale sont régulières. Mojet explique cette régularité par un nombre de pauses faible et de courte durée. La production est rapide avec une pression faible et peu de tremblements. Les variations de vitesse sont faibles ;
- ◆ type B : scripteurs lents avec une bonne forme. La taille de leur écriture est dans la moyenne ainsi que la forme des lettres, la régularité verticale des lettres et la pression. La distance entre les traits descendants est vraiment irrégulière. La vitesse est lente, avec peu de décélérations ou d'accélération. Cette lenteur est causée par un grand nombre de pauses de durée longue, ainsi que de nombreux tremblements. Mojet suppose un contrôle excessif du geste ;
- ◆ type C : scripteurs rapides avec une mauvaise forme. Leur écriture est grande, particulièrement la hauteur des lettres est irrégulière. Leur écriture est rapide, avec des pauses courtes et peu nombreuses. La mauvaise qualité de la forme est cohérente avec une déficience du contrôle de la forme des lettres ;
- ◆ type D : scripteurs lents avec une mauvaise forme. Leur écriture est de grande taille et irrégulière. La vitesse d'écriture est lente. Le nombre de pauses et la durée de celles-ci sont importants. La vitesse d'écriture subit de grandes variations. La pression est forte et irrégulière. Cette écriture sans fluidité est un symptôme d'un trouble de la

coordination qui entraîne une fatigue importante. La régulation du tonus semble moins fine que dans les trois autres types.

Cette manière de classer les enfants est toujours fondée sur une double bipolarité, c'est-à-dire bon *vs* mauvais et lent *vs* rapide. L'écriture des enfants peut être étudiée dans une perspective différentielle si l'existence d'un continuum entre ces deux pôles est prise en considération. Ainsi, les enfants ayant un niveau d'écriture moyen ont été catégorisés comme bons ou mauvais. Toutefois, ces enfants de niveau moyen pourraient présenter des différences d'écriture et donc des différences dans les processus psychomoteurs, cognitifs et conatifs sous-jacents au niveau d'écriture.

En conclusion, l'écriture est donc une compétence longue à acquérir puis à automatiser. Elle est soumise à différentes influences, comme le sexe, l'âge ou des compétences cognitives. Il s'agit maintenant d'étudier comment l'élaboration de l'écriture, qui est constituée de mouvements complexes, nécessite le support des compétences psychomotrices (maturation neurologique, fonctions sensorielles, posture, *etc.*) (Amiel-Tison & Gosselin, 2009) et, comme tout apprentissage, l'écriture est liée à la conation (estime de soi, motivation, *etc.*) (Viau, 1994).

## II. Liens entre écriture et compétences psychomotrices, cognitives et conatives

Les modèles de programmation du geste d'écriture font appel à des compétences cognitives comme la mémoire (Van Galen, 1991), mais aussi à des compétences à la fois cognitives et motrices, comme la programmation motrice (Meulenbroek & Van Galen, 1988 ; Zesiger, 1995), cette convergence de compétences appartient aux processus psychomoteurs. « La psychomotricité est une science carrefour [...], en laquelle se croisent et se rencontrent de multiples points de vue, et qui utilise les acquis de nombreuses sciences constituées (biologie, psychologie, psychanalyse, sociologie, linguistique). » (Coste, 1977, p. 5). Cette définition nous montre la diversité des compétences intervenant dans la psychomotricité et par là même dans l'écriture. En effet, l'écriture est une compétence psychomotrice faisant appel simultanément à la motricité, à la cognition et à la conation (Auzias & Ajuriaguerra, 1986). Il paraît difficile de séparer clairement ces trois champs de compétences, qui s'appuient les uns sur les autres pour se développer, s'exprimer et être observés, car le corps sert de support d'expression de ces compétences. Leurs liens avec l'écriture ont souvent été étudiés isolément, liens entre écriture et :

- ◆ équilibre,
- ◆ posture,
- ◆ coordination oculo-manuelle,
- ◆ compétences visuo-spatiales,
- ◆ déliement digital,
- ◆ gnosies digitales,
- ◆ régulation tonique.

D'autres compétences comme le rythme, l'attention, la maturation neurologique, la mémoire de travail ou l'estime de soi ont des liens soit avec d'autres compétences motrices complexes, comme le dessin ou la motricité fine, soit avec les apprentissages scolaires, comme la lecture. Ces dernières compétences peuvent avoir une influence sur le développement de l'écriture qui est une compétence motrice complexe et qui résulte d'un apprentissage formel scolaire. C'est la raison pour laquelle nous allons présenter les recherches qui ont étudié les liens entre chacune des compétences précitées et l'écriture.

#### A. Ecriture, posture et équilibre

La réalisation d'un geste complexe nécessite l'ancrage dans le corps (Bullinger, 2004). Il existe deux sortes d'équilibre, l'équilibre statique, qualifié de postural, et l'équilibre dynamique, nommé locomoteur. Selon Åstrad et Rohdal (1970), « la posture est en fait la base des mouvements. Tout mouvement commence et se termine en posture. » (p. 79), c'est pourquoi nous nous intéresserons à l'équilibre statique. En neurophysiologie, « l'activité posturale se traduit par l'immobilisation des pièces du squelette dans des positions déterminées, solidaires les unes des autres, qui composent au corps une attitude d'ensemble. Cette attitude exprime la manière dont l'organisme affronte les stimulations du monde extérieur et se prépare à y réagir » (Paillard, 1976, p. 543).

Afin qu'un mouvement soit réalisé dans les meilleures conditions, la posture doit être avant tout adaptée au mouvement en cours d'exécution. Cela nécessite que le tonus postural soit modifié et adapté au fur et à mesure de l'action. Le maintien de l'équilibre postural requiert une

répartition du poids du corps sur l'ensemble de la surface de contact (Massion, Amblard, Mouchino & Vanazza, 1998).

Les muscles posturaux sont activés avant chaque mouvement volontaire, surtout si le mouvement perturbe l'équilibre. Cet équilibre postural est contrôlé grâce aux :

- ◆ système proprioceptif (récepteurs articulaires, musculaires, tendineux et cutanés),
- ◆ système visuel,
- ◆ système vestibulaire.

Ces trois systèmes sont eux-mêmes contrôlés par le système nerveux central (Åstrad & Rohdal, *op. cit.*), particulièrement le cervelet qui est la structure cérébrale qui :

- ◆ contrôle l'équilibration,
- ◆ régule le tonus de posture,
- ◆ permet par un jeu de contraction et de détente des muscles agonistes et antagonistes, une posture stable (Braillon, 1984).

La posture de la tête a un rôle essentiel dans l'équilibre car les capteurs sensoriels de la vue et du système vestibulaire y sont situés (Assaiante, 1998). L'équilibre est stable à partir de l'âge de huit ans, grâce à une centralisation des systèmes somesthésiques, vestibulaires et visuels au sein du système nerveux central (Åstrad & Rohdal, *op. cit.*). Assaiante et Amblard (1995) ont montré qu'entre l'âge de 7 ans et l'âge adulte, les stratégies d'équilibration s'enrichissent, afin de permettre à l'individu de s'adapter à toutes les situations. De plus, la fonction vestibulaire continue de se développer après l'âge de 15 ans, en effet, Hirabayashi et Iwasaki (1995) ont montré que la fonction vestibulaire des adolescents de 15 ans présente un niveau inférieur à celui des adultes.

Ajuriaguerra et Auzias (*in* Ajuriaguerra *et al.*, 1956) observent le développement des postures d'écriture des enfants de 5, 7, 9, 11, 12 et 14 ans, ainsi que des adultes pendant qu'ils écrivent. Les groupes se composent de 40 participants dans chacun des groupes d'âge, sauf pour celui des enfants de 5 ans qui n'en compte que 20. Dans un premier temps, leurs résultats concernent la position du corps :

- ◆ la tête se relève progressivement entre 7 et 11-12 ans, elle passe d'une distance de 8 cm du papier à 20 cm. Ce redressement est dû à un contrôle visuel de moins en moins nécessaire ;
- ◆ le torse se redresse (en même temps que la tête), s'éloigne de la table et s'y appuie de moins en moins. L'inclinaison du torse vers la main scriptitrice diminue avec l'âge ;
- ◆ le coude se rapproche du bord de la table au fur et à mesure que l'âge augmente ;
- ◆ le poignet sert d'appui vers 7 ans, au moment pendant la phase d'apprentissage de l'écriture ;
- ◆ la main, à 5 ans, roule entre la pronation et la supination, à 9 ans, sa stabilité est acquise.

L'enfant en redressant sa posture, améliore sa stabilité et a ainsi moins besoin de s'étayer posturalement, les points d'appui sont stabilisés vers 9-10 ans. L'indépendance entre la motricité du tronc et la motricité des membres est plus aisée lorsque l'écriture met en jeu la motricité distale (le coude, voire le poignet) ; l'épaule remplace alors les articulations distales comme point d'appui.

Dans un second temps, les résultats concernent la position de la feuille sur le bureau qui évolue elle aussi avec l'âge. Elle est placée droite face au scripteur entre 5 et 7 ans ; ensuite, chez

les droitiers, une rotation vers la gauche est effectuée entre 7 et 9 ans ; enfin, elle est placée vers l'hémichamp droit par la majorité des enfants de 9 ans.

Dans un dernier temps, lors de l'écriture, les enfants de 5 ans ont la main au niveau de la ligne d'écriture ; avec l'âge, les enfants tendent progressivement à passer leur main sous la ligne d'écriture. Cette position de la main est totalement stabilisée à 14 ans. Elle est largement influencée par la position de la feuille : plus la feuille est placée dans l'axe du bras scripteur, plus la main se positionne sous la ligne.

Lurçat (1985) étudie le développement des postures d'écriture chez des enfants âgés de 4 à 13 ans. Elle propose une dictée de mots sur une feuille blanche à six enfants de grande section de maternelle (trois filles et trois garçons de 4;11 ans à 5;7 ans) et à 135 garçons d'école primaire (de 6 ans à 13 ans) et 60 filles d'école primaire (de 9;6 ans et 11;6 ans). Pour faciliter l'écriture, la posture doit rester stable alors que le bras se déplace, l'équilibre du tronc joue donc un rôle dans le maintien de la posture. En effet, l'appui du corps sur la table et la position assise permettent de libérer le bras scripteur du poids du corps : l'équilibre de la posture se fait grâce à l'appui du corps sur le siège, le corps est incliné du côté du bras non scripteur. Le mouvement de translation du bras s'ancre dans la posture en équilibre du tronc qui, par un léger mouvement de balancier, suit les mouvements de translation du bras. Un ancrage de la main scriptrice est nécessaire afin de maintenir la main stable entre chaque lever de crayon, ancrage qui se fait au niveau du poignet. Ce point d'appui a un rôle essentiel dans l'organisation spatiale de l'écriture. Quand ce point d'appui est équilibré et stable, il permet à la fois la translation du bras et la rotation du poignet sans ondulation de la ligne d'écriture. Les mouvements proximaux du bras participent au contrôle de la rectitude de la ligne d'écriture et à l'organisation spatiale dans la feuille. Quant aux mouvements distaux, ils sont spécialisés dans la réalisation du dessin de la lettre.

Athènes et Guiard (1990) étudient l'influence de la latéralité d'écriture sur la posture. Dans une première étude, ils observent la répercussion de la posture d'écriture sur la vitesse et le temps moyen d'écriture chez des adultes. Le temps moyen d'écriture n'est pas influencé par la position de l'avant-bras par rapport à la page chez les droitiers. Ces auteurs différencient les gauchers inverseurs et non inverseurs. Les gauchers non inverseurs installent la feuille dans l'axe du bras scripteur et les gauchers inverseurs positionnent la feuille perpendiculairement au bras scripteur. Chez les gauchers non inverseurs, plus le bras scripteur est incliné, plus le temps moyen d'écriture est élevé. Chez les gauchers inverseurs, plus le bras scripteur est incliné, plus le temps moyen d'écriture est faible. Le temps moyen d'écriture chez les gauchers est donc lié à la position du bras dans la feuille, mais la qualité du geste graphique n'est pas influencée par la posture inversée ou non. Ces auteurs affirment que les postures des droitiers sont d'une grande similarité, comme stéréotypées, tandis que les postures des gauchers ont une grande variabilité interindividuelle. Leur seconde étude a été réalisée sur un groupe de 273 enfants âgés de 6 à 11 ans, scolarisés du cours préparatoire (CP) au cours moyen deuxième année (CM2). Ce groupe est composé pour moitié d'enfants gauchers, l'autre moitié composée d'enfants droitiers sert de groupe témoin. Chez les droitiers, il n'apparaît pas de différence entre les filles et les garçons. Les enfants les plus jeunes positionnent leur feuille en position verticale, face à eux, tandis que les enfants les plus âgés donnent à leur feuille une inclinaison antihoraire. Ce dernier point est à mettre en lien avec l'inclinaison de l'avant-bras scripteur qui, avec l'âge, devient parallèle à l'axe vertical de la feuille, bien que l'inclinaison de ce même bras ne varie pas avec l'âge. C'est donc l'angle d'inclinaison de la feuille qui évolue avec l'âge. Chez les gauchers, le changement d'inclinaison de la feuille est influencé uniquement par le sexe. Au CP (6 ans), les gauchères adoptent toutes une posture identique : la feuille droite est face à elles et le bras est incliné de 45° par rapport au corps. Tandis qu'au CM2 (10 ans), deux postures différentes apparaissent :



- ◆ la feuille est inclinée dans un sens horaire et l'avant-bras est dans l'axe de la feuille (position de gaucher non inverseur),
- ◆ la feuille est inclinée dans un sens anti-horaire, l'axe du bras est perpendiculaire à la feuille (position de gaucher inverseur).

La posture des garçons gauchers, quant à elle, ne subit pas l'influence de l'âge : la feuille est positionnée face au sujet et le bras forme un angle de 45° par rapport au corps. La posture avec le bras positionné à 45° est rarement observée chez l'adulte gaucher et elle est moins efficiente que les postures inversées et non inversées présentées dans la première étude. Or, à la fin de la scolarité primaire, ces postures d'écriture d'adultes gauchers ne sont pas encore observées, il existe donc une évolution de la posture d'écriture des gauchers entre l'âge de 11 ans et l'âge adulte.

La posture a donc un rôle essentiel sur l'écriture quelle que soit la latéralité. D'ailleurs, Paillard (1990) et de Van Galen (1991) décrivent l'influence de la posture sur les mouvements du membre supérieur lors de l'écriture. Ils décomposent le membre supérieur en trois parties, afin d'observer ses mouvements lors de l'écriture :

- ◆ les doigts permettent de tracer les traits verticaux de l'écriture ;
- ◆ le poignet permet de réaliser les traits horizontaux de l'écriture ;
- ◆ l'épaule permet un déplacement du membre de façon continue le long de la ligne d'écriture.

Ces auteurs ajoutent que l'écriture ne se réalise pas uniquement avec des mouvements de la gauche vers la droite, mais nécessite des retours en arrière du membre pour la ponctuation ou les accents. Ces retours en arrière sont possibles grâce au poignet pour les petits déplacements ou à l'épaule pour les déplacements plus importants. La stabilité de cette posture est assurée par

l'appui de la main sur la table, par celui des doigts sur l'outil scripteur, lequel est soutenu par les forces de friction contraires sur la feuille. Quant à la main non scriptitrice, elle immobilise la feuille sur la table.

Chartrel et Vinter (2004) complètent les travaux de Paillard (*op. cit.*) et Van Galen (*op. cit.*) et expliquent que l'écriture met en jeu les articulations du bras, les articulations proximales (épaules et coudes) et distales (poignets et mains). Les articulations proximales sont responsables des mouvements du bras et de l'avant-bras, elles permettent des mouvements de translation de la droite vers la gauche, mais aussi du haut vers le bas pour les retours à la ligne. Les articulations distales mettent en action la main et le poignet et sont directement actrices dans la formation des lettres de taille normale et aussi dans l'organisation de l'écriture dans l'espace de la feuille (respect des marges, espacements entre les lettres, les mots et les lignes, *etc.*).

Bullinger (2004) ajoute que la posture d'écriture est nécessairement asymétrique. Le corps est un point d'appui et un repère dans l'équilibre. En effet, les deux pieds doivent être posés au sol, ainsi la répartition du poids du corps s'organise autour de la latéralité du corps. Pour libérer le membre scripteur, les appuis se font du côté du membre supérieur dominé, c'est-à-dire sur l'avant-bras du membre non scripteur, et sur l'ischion du même côté. Cette posture assure la stabilité du buste et donne une plus grande liberté de mouvement au membre scripteur. Cette posture asymétrique implique que le scripteur puisse orienter la feuille librement en fonction de ses besoins.

En résumé, à l'heure actuelle, les recherches montrent que la posture la plus académique, favorisant le geste graphique et la stabilité de la posture, est la suivante :

- ◆ les deux pieds sont posés à plat au sol,
- ◆ l'assise repose sur les cuisses et les ischions,

- ◆ le dos est droit sans appui,
- ◆ le poids du buste repose sur le bras non scripteur libérant ainsi le bras scripteur,
- ◆ la main non scriptitrice immobilise la feuille et la déplace vers le haut à chaque retour à la ligne,
- ◆ la feuille est positionnée dans l'axe du bras scripteur,
- ◆ l'avant-bras scripteur opère une rotation autour du coude afin de provoquer la translation de la main le long de la ligne d'écriture,
- ◆ la main est positionnée en dessous de la ligne d'écriture,
- ◆ les lignes horizontales sont réalisées avec le poignet et les lignes verticales par les mouvements de doigts.

La posture évolue en fonction de la phase d'apprentissage de l'écriture, ces ajustements sont en lien avec le développement global de l'enfant qui adapte sa posture à son niveau de compétences psychomotrices et cognitives, comme la coordination oculo-manuelle.

## B. Ecriture et coordination oculo-manuelle

La coordination oculo-manuelle s'observe lors de la réalisation d'un mouvement, plusieurs muscles du membre supérieur, articulations (épaule, coude, poignet, doigts) et organes (visuels et kinesthésiques) entrent en jeu. Il est donc indispensable que ces différents éléments soient coordonnés dans l'espace et le temps pour la bonne réalisation du mouvement. Selon Gauthier, Vercher, Ebihara, Marchetti et Mandelbrojt (1985), « le contrôle de la coordination résulte d'échanges réciproques entre deux ou plusieurs systèmes sensorimoteurs sollicités pour l'exécution d'une même tâche finalisée ou de tâches conjuguées. Ce contrôle s'établit à partir

d'informations sensorielles et motrices émanant des systèmes considérés [...] le contrôle de la coordination est le résultat du fonctionnement d'un élément spécialisé du système nerveux central qui n'est pas activé lorsque chacun des systèmes sur lequel ce contrôle s'exerce est activé seul ou indépendamment des autres systèmes. » (p. 71). Ces auteurs nous permettent donc d'affirmer que le contrôle réalisé sur la coordination oculo-manuelle n'est pas simplement l'addition des contrôles de la main et de l'œil, il s'agit de la coordination des informations issues des différents capteurs sensoriels permettant la réalisation du mouvement. Ce contrôle se fait en partie au sein du cervelet qui participe à la synchronisation temporelle des deux organes que sont l'œil et la main.

Bard et Hay (1983) montrent que la coordination de la main et de l'œil est parfaitement assimilée à partir de 10 ans, alors que la précision du mouvement continue d'évoluer par la suite. Pellizzer et Hauert (1996) observent, vers 8 ans, une diminution temporaire de la qualité de la coordination visuo-manuelle.

Il semble évident d'affirmer que la vue a une influence sur le geste d'écriture. Afin de le confirmer, Paillard (1990) demande à un adulte d'écrire un texte que ce dernier connaît par cœur. Ce participant doit écrire le texte selon deux modalités : la première les yeux fermés, la seconde les yeux ouverts. En l'absence de vision, l'organisation spatiale de l'écriture dans la feuille est déficiente : la marge est aléatoire, les lignes d'écriture sont ondulantes, les espacements entre les lignes sont variables. L'organisation spatiale entre les mots et de la ponctuation est perturbée : la distance entre les mots est fluctuante, la ponctuation et les accents ou points sur les *i* et les *j* sont placés de façon anarchique. En revanche, la lisibilité du texte est bonne. L'espacement entre les lettres ainsi que la taille des lettres sont corrects et constants. Le mot constitue donc une unité motrice automatisée.

Cette recherche de Paillard menée sur l'adulte montre l'influence de la coordination oculo-manuelle sur l'organisation spatiale de l'écriture, alors que les stratégies de contrôle moteur de l'écriture sont déjà mises en place. Parallèlement, les travaux de Bard et Hay (*op. cit.*) et de Pellizzer et Hauert (*op. cit.*) montrent qu'au moment du changement de stratégie de l'écriture entre 8 et 10 ans, la coordination oculo-manuelle perd temporairement en qualité. Paillard (*op. cit.*) ayant montré des liens entre écriture et coordination oculo-manuelle, une perte de précision de cette dernière pourrait entraîner des répercussions sur l'écriture chez les enfants âgés de 8 à 10 ans.

### C. Ecriture et déliement digital

Le déliement digital est surtout recherché par les musiciens. Il s'agit de réaliser des mouvements de dissociation ou de coordination des doigts entre eux. Lors du mouvement d'un doigt, le mouvement des autres doigts est soit coordonné avec le premier, soit inhibé. Dans le cadre des tests, toute tâche impliquant le déliement digital s'appuie essentiellement sur l'imitation d'un expérimentateur, elle fait donc appel à des compétences idéomotrices. Selon Henderson et Greenwald (1971), la praxie idéomotrice est une action représentée sous forme d'images sensorielles dans le système nerveux central ; ces images, comme le ferait un *feedback*, servent d'appui à la réalisation de cette même action. Les compétences idéomotrices permettent d'imiter un geste en l'observant.

Maeland (1992) recherche la valeur prédictive du déliement digital, notamment, sur la qualité de l'écriture. Ainsi, elle compare trois groupes d'enfants de 10 ans, un groupe d'enfants dits « normaux », un groupe d'enfants uniquement dysgraphiques et un groupe d'enfants à la fois dysgraphiques et maladroits. Ces trois groupes ont été établis à partir de prétests (TOMI : Test of

Motor Impairment) mesurant les coordinations motrices, les fonctions perceptivo-motrices et l'écriture. Pour évaluer les coordinations motrices, ont été mesurés la rapidité et la précision de mouvement pour chaque main ; la coordination des deux mains lors de l'accomplissement d'une tâche ; la coordination oculo-manuelle pendant l'utilisation de la main dominante ; le contrôle et l'équilibre du corps dans l'immobilité, lors de mouvements lents et rapides ; la réception et l'envoi d'une balle. Les fonctions perceptivo-motrices, notamment l'organisation perceptivo-graphique, ont été testées grâce à la *Visual Motor Integration (VMI)*, le *Grooved Pegboard Test* qui mesure le développement de la coordination oculo-manuelle, le *Finger Tapping Test* qui mesure le déliement digital (l'index tape le pouce le plus rapidement possible), le *Southern Motor Accuracy Test* qui mesure le contrôle moteur de la main, le *Southern California Figure Ground Visual Perception Test* qui mesure la perception visuelle des formes et enfin le *Beery's Test* qui mesure la coordination oculo-manuelle et l'organisation spatiale graphique. Le test d'écriture est composé d'un texte de six phrases, où sont observés la précision de la formation des lettres, l'uniformité de la taille des lettres, l'espacement entre les lettres et les mots et l'alignement des lignes d'écriture. Seule la VMI semble être un prédicteur significatif des performances en écriture sur le groupe total d'enfants. Les deux tests (le *Southern Motor Accuracy Test* et le *Southern California Figure Ground Visual Perception Test*) qui font appel à la perceptivo-motricité semblent tous deux plus en lien avec l'écriture que les tests purement moteurs (le *Grooved Pegboard Test* et le *Finger Tapping Test*), dont les corrélations avec l'écriture sont les plus faibles et surtout non significatives. En revanche, aucun test, étudié dans cette recherche, ne mesure les compétences tactiles et kinesthésiques qui, d'après cet auteur, joueraient un rôle crucial dans l'apprentissage de l'écriture. Cette recherche réfute l'existence de lien entre l'écriture et le déliement digital. Pourtant, Weintraub et Graham (2000) prédisent le niveau de performance en écriture d'enfants âgés de 10 ans grâce, notamment, aux résultats aux épreuves

de déliement digital. De plus, Kaiser, Albaret et Doudin (2009) indiquent que les épreuves de traçage de précision, nécessitant un contrôle important de la motricité fine, sont corrélées à 36% avec la qualité de l'écriture mesurée par le *Concise Evaluation Scale For Children Handwriting* (BHK). D'ailleurs, Dorfberger *et al.* (2009) montrent que le déliement digital est de plus en plus rapide entre 9 et 12 ans et continue même d'augmenter jusqu'à 17 ans. Donc, le développement parallèle de l'écriture et du déliement digital amène à envisager, comme l'ont montré Kaiser *et al.* (*op. cit.*), un lien entre ces deux compétences, toutes deux influencées par le développement neurologique observable grâce aux syncinésies.

#### D. Ecriture et syncinésies

« Les syncinésies, troubles du tonus induit, sont des contractions ou des mouvements intéressant un ou plusieurs groupes musculaires alors que des mouvements actifs ou réflexes ont lieu dans une autre partie du corps. Cette activité musculaire et/ou motrice apparaît dans des régions non concernées par l'exécution du mouvement premier » (Albaret, 2001, p. 10).

Il existe plusieurs formes de syncinésies. La syncinésie de diffusion tonique consiste « dans un raidissement plus ou moins généralisé soit du corps tout entier, soit d'un ou plusieurs membres pendant l'exécution des mouvements volontaires » (Ajuriaguerra, 2002, p. 343). Cette syncinésie peut être homolatérale, sur le membre réalisant l'action, ou controlatérale, sur le membre passif. La syncinésie d'imitation consiste en « des mouvements ou des ébauches de mouvements du membre opposé passif. Ce mouvement peut imiter exactement le mouvement inducteur ou s'en différencier » (Albaret, *op. cit.*, p.10). Les syncinésies d'imitation qui portent sur le membre passif se différencient des syncinésies bucco-faciales qui sont des mouvements de

lèvres, de langue et/ou de mâchoire dont les mouvements sont lui aussi synchronisés avec les mouvements du membre actif.

Ajuriaguerra et Auzias (*in* Ajuriaguerra *et al.*, 1956) ont observé que, pendant l'acte graphique, les muscles sont mobilisés de façon plus adaptée lorsque les mouvement parasites diminuent. Cette observation est confortée par le développement des syncinésies, fortement liées au développement neurologique et particulièrement à la myélinisation du système nerveux. Les travaux d'Ajuriaguerra (2002) complétés par ceux d'Albaret (*op. cit.*) montrent qu'avant 8 ans, les enfants présentent de nombreuses syncinésies qui diminuent entre 8 et 12 ans, pour quasiment disparaître après 12 ans. Ces deux derniers auteurs précisent que la variabilité interindividuelle est très importante à tout âge. Albaret (*op. cit.*) résume les travaux antérieurs et indique que le développement des syncinésies varie en fonction de leur forme. Les syncinésies à diffusion tonique n'ont pas de signification d'un point de vue développemental (les travaux d'Ajuriaguerra vont dans le même sens), elles peuvent se retrouver à tous les âges, elles varient en fonction des individus, mais aussi probablement en fonction de leur état émotionnel. Les syncinésies d'imitation sont liées à la maturation neurologique, importantes entre 6 et 8 ans, elles s'atténuent fortement vers 9-10 ans pour disparaître normalement vers 12 ans. Jusqu'à 9 ans, les filles sont plus syncinétiques (quel que soit le type de syncinésies) que les garçons et, à partir de 10 ans, l'inverse se produit.

Les syncinésies diminuent fortement entre 9 et 10 ans simultanément au changement de stratégie de contrôle moteur de l'écriture (Albaret, *op. cit.*). Ajuriaguerra et Auzias (*op. cit.*) ont observé qu'une diminution des syncinésies favorise une écriture en la rendant plus aisée. Par ailleurs, la quantité de syncinésies indique la maturité du système nerveux. Le programme moteur s'appuie sur le système nerveux, un système nerveux mature devrait rendre plus fluide la réalisation du geste.



## E. Ecriture et régulation tonique

Le tonus est « la tension légère à laquelle se trouve normalement soumis tout muscle squelettique à l'état de repos » (Paillard, 1976, p. 522). Définition à laquelle le physiologiste ajoute cette restriction capitale mais pratiquement inaccessible au contrôle du clinicien : « et qui disparaît après section du nerf moteur » (Paillard, *op. cit.*, p. 522).

Coste (1977) présente le tonus comme un : « phénomène nerveux très complexe, il est la trame de tous les mouvements, sans disparaître dans l'inaction ; [...] participe à toutes les fonctions motrices (équilibre, coordination, dissociation, ...) » (p. 25). L'origine nerveuse du tonus est de type réflexe (c'est-à-dire de type spinal), mais sa régulation est prise en charge par le cervelet.

Le tonus de fond est un état de tension résiduelle des muscles au repos, qui se traduit par la résistance plus ou moins importante qu'oppose le muscle lorsqu'il est étiré. Le ballant est une technique d'appréciation du tonus musculaire passif qui consiste à imprimer un mouvement énergétique à un segment de membre ou à un membre et à évaluer le degré de résistance. L'extensibilité est elle aussi une technique neurologique de mesure du tonus musculaire qui permet de mesurer le degré d'allongement mécanique des muscles en l'éloignant au maximum de ses points d'insertion.

Ajuriaguerra et Auzias (*in Ajuriaguerra et al.*, 1956) ont observé le développement du tonus pendant que l'enfant écrit. Selon eux, l'augmentation du tonus à un certain niveau a une efficacité inversement proportionnelle sur l'activité scripturale. Cette augmentation s'observe dans la souplesse ou la raideur du membre scripteur. L'augmentation du tonus de l'épaule a été

notée lorsque celle-ci se relève. Pour le poignet, le ballant a été pris en compte. Enfin, en ce qui concerne les doigts, le tonus apparaît dans les flexions/extensions des doigts pendant l'acte scripteur. Pendant l'écriture, ils ont observé un tonus :

- ◆ de l'épaule, plus important à 7 ans qu'aux autres âges inférieurs et supérieurs ;
- ◆ du poignet, faible (avec un poignet souple) pour la moitié des enfants à 5 ans, pour moins d'un tiers des enfants à 7 ans. Puis, la proportion d'enfants ayant un poignet souple augmente progressivement jusqu'à 11-12 ans et se stabilise vers 12 ans ;
- ◆ des doigts, important à 7 et 9 ans, car les doigts sont fléchis et contractés sur l'instrument scripteur. Puis apparaît un allongement progressif des doigts le long du crayon qui indique une diminution du tonus des doigts.

En conclusion, à 7 ans, les auteurs observent une crispation du bras, de la main et des doigts, car il s'agit de la phase d'apprentissage de l'écriture. A partir de 11-12 ans, la majorité des enfants ont un membre supérieur souple pendant l'écriture. Les auteurs expliquent que « parfois une raideur segmento-proximale peut persister du fait soit d'une maladresse au niveau de la main entraînant une réaction tonique induite jusqu'à l'épaule, soit de mauvaises attitudes posturales du tronc, soit parfois d'un mauvais apprentissage de l'écriture » (p. 193).

Le tonus est la toile de fond du mouvement. Lors de l'écriture, le tonus est élevé à 7 ans et plutôt faible à 12 ans, la diminution se fait progressivement entre ces deux âges (Ajuriaguerra & Auzias, *op. cit.*).

## F. Motricité fine et rythme

Selon Pouthas (*op. cit.*, p. 1130) le rythme se définit comme un : « Retour à intervalles réguliers d'un phénomène (mouvements, gestes, évènements) ». Cette définition nécessite d'être complétée par celle de Coste (1977) : « Le rythme est le facteur de structuration temporelle qui soutient l'adaptation au temps » (p. 79), qui explique l'intérêt du rythme dans l'évaluation psychologique. Il n'existe pas une activité rythmique, mais plusieurs : la synchronisation, l'adaptation, la structuration, le *tempo* et la compétence artistique ou musicale, par exemple. Nous nous intéresserons à la répétition de rythmes parce que, selon Hiriartborde et Fraisse (1968), elle est liée à la perception auditive (et pas du tout aux perceptions visuelles) et à la mémoire immédiate. Fraisse (1974) explique que la perception du rythme est « la perception de la répétition régulière d'un même élément sonore [...]. Cette perception [...] se complique rapidement par l'agglomération de plusieurs éléments successifs en un groupement qui se répète identique à lui-même. Dans ce groupement, naissent des différenciations spontanées en termes d'intervalles ou d'accents qui s'organisent en structure » (p. 107). Il faut donc simultanément percevoir les unités rythmiques simples et l'agencement de ces unités entre elles.

Les travaux de Das *et. al.* (1973, 1975a, 1975b) indiquent que la répétition de rythme est une forme de traitement séquentiel. Il s'agit pour le sujet de traiter les informations successivement et de les organiser afin de trouver une solution à la tâche qu'il doit résoudre. Cette forme de traitement de l'information est particulièrement étudiée car elle joue un rôle dans de nombreuses activités mentales. Quel que soit le canal sensoriel de réception de l'information impliqué, les processus séquentiels interviennent dans le traitement des stimuli d'ordre temporel présentant une successivité dans les éléments qui les constituent. Pour Luria (*in* Das, 1975a), le langage humain est l'un des processus séquentiels les plus utilisés, car la structure syntaxique

associée à la structure phonétique relève d'un traitement successif temporellement, donc séquentiel. Le langage écrit est donc lui aussi influencé par le traitement séquentiel. Grégoire (2005) critique cette forme de traitement de l'information, rappelant qu'il est difficile, voire impossible, de créer des épreuves permettant d'évaluer un seul processus de traitement de l'information. En effet, même si une tâche a une forte corrélation avec l'une des deux échelles de traitement, la corrélation restera importante avec la deuxième échelle.

Haines (2003) a mené des recherches sur les liens entre le développement de la motricité globale (marche, course, saut, *etc.*), du déliement digital, du rythme, de la lecture et du langage. Cette dernière compétence n'intéresse pas directement notre recherche, aussi allons-nous nous attarder sur les liens proposés entre le rythme et la motricité, ainsi que sur les liens entre rythme et lecture, car cette dernière est un apprentissage scolaire formel, utilisant le traitement séquentiel, proche de l'écriture. La population de son étude se compose de 1 013 enfants (526 garçons, 487 filles) âgés de 4 à 8 ans, scolarisés en école maternelle ou primaire. Ces compétences sont entre autres évaluées grâce à :

- ◆ un test moteur : *Activity Chart* composé de différentes épreuves (opposition doigts/pouce, coordination oculo-manuelle, sauts, lancers et réceptions de balles),
- ◆ une épreuve de répétitions de rythme créée par Haines, Brown, Grantham, Rajagopalan et Sutcliff (1985),
- ◆ un questionnaire rempli par les enseignants sur le niveau de la motricité fine (coloriage et découpage), de la lecture, de la motricité globale et de l'équilibre dans les mouvements en éducation physique, ainsi que sur le respect des consignes en éducation physique.

Les résultats indiquent des corrélations faibles mais statistiquement significatives entre le rythme et chacune des tâches motrices de l'*Activity Chart*. Il existe aussi des corrélations significatives entre les épreuves de rythme et le questionnaire de motricité. Les corrélations entre les performances rythmiques et les différents items du questionnaire sont significatives chez les enfants de moins de 6 ans, sauf entre le rythme et la motricité fine à 4 ans. Il n'y a plus de corrélation significative au-delà de 6 ans. Il apparaît aussi des liens entre rythme et lecture, ces liens sont plus importants chez les filles que chez les garçons. Les filles réussissent mieux aux épreuves de rythme. L'auteur indique que cette différence de genre est causée par les jeux des filles qui développent davantage les compétences liées au rythme, comme sauter à la corde ou chanter des comptines. D'après Haines, la motricité fine, composée d'épreuves de déliement digital (*tapping*), le rythme et la lecture s'appuient sur des compétences communes : le traitement séquentiel, ce qui explique leurs liens.

Les liens entre le rythme et les activités motrices fines du membre supérieur ou la lecture nous permettent de faire la supposition qu'il existe des liens entre rythme et écriture. Les travaux menés sur le développement du rythme sur la tranche d'âge de notre étude renforcent cette idée. Les travaux de Fraise (*op. cit.*) et de Stambak (*in Zazzo, Gallifret-Granjon, Hurtig, Mahon, Pêcheux, Santucci & Stambak, 1979*) montrent un progrès entre 3 et 12 ans de la reproduction des structures rythmiques, aussi bien dans le nombre d'éléments qui les compose que dans leur complexité. Cette augmentation de la perception du rythme et sa reproduction est fortement liée à l'amélioration de la discrimination et l'appréhension des structures rythmiques et à la coordination sensori-motrice. Hiriartborde et Fraise (*op. cit.*) ajoutent un lien avec la mémoire immédiate. Par ailleurs, Fraise (*op. cit.*) affirme qu'il n'existe pas de lien avéré entre intelligence et compétences en rythme, sauf pour l'aptitude à reproduire des structures rythmiques.

## G. Ecriture et Gnosies digitales

Casey et Rourke (2002) ont réalisé une revue de questions sur le traitement de l'information tactile qui comprend les gnosies digitales. Cette dernière est composée de trois processus :

- ◆ la différenciation intra-sensorielle qui est observée par la capacité à désigner le doigt touché par l'examineur quand le sujet peut voir sa main. Il s'agit pour le sujet d'additionner deux informations sensorielles : la vue et le toucher ;
- ◆ l'intégration inter-sensorielle qui est observée par la capacité à désigner le doigt touché par l'examineur quand le sujet ne peut pas voir sa main. Il s'agit pour le sujet d'intégrer une information sensorielle tactile afin de l'utiliser avec une information visuelle ;
- ◆ la pensée représentationnelle qui est observée par la capacité à désigner le doigt touché par l'examineur sur un dessin représentant une main. Il s'agit pour le sujet d'acquérir une représentation de sa main.

Ces trois processus indiquent que les gnosies digitales tactiles constituent plus qu'un simple traitement sensoriel. Weintraub et Graham (2000) ont montré l'influence des gnosies digitales sur l'écriture. Dans cet objectif, ils ont proposé à 56 enfants de 10 ans, 33 bons scripteurs et 23 mauvais scripteurs, une large batterie de tests composée de :

- ◆ tests graphomoteurs : le *Test Of Legible Handwriting* (TOLH), un subtest d'expression écrite du *Wechsler Individual Achievement Test* (WIAT), le *Otis-Lennon School Ability Test* (OLSAT) et le *Alphabet Writing Task* ;

- ◆ tests d'orthographe : le *Colorado Perceptive Speed Test* (CPS) et l'*Expressive Orthographic Coding* ;
- ◆ tests de déliement digital : l'épreuve de *Finger Succession* qui mesure le *tapping* séquentiel ;
- ◆ tests de gnosies digitales : l'épreuve de *Finger Lifting*, où deux doigts sont touchés dans un ordre précis et où l'enfant doit retrouver la séquence. L'épreuve de *Finger Recognition* où l'examineur touche un doigt de la main cachée de l'enfant qui doit l'identifier ;
- ◆ test d'organisation perceptive graphique : la *Visual Motor Integration* (VMI) qui consiste en une copie de figures géométriques.

Grâce au déliement digital, aux gnosies digitales et à l'organisation perceptive graphique, 77% des enfants peuvent être classés en bons ou mauvais scripteurs. Mais, ni le sexe, ni le niveau d'orthographe n'ont d'influence.

Ces trois compétences (déliement digital, gnosies digitales et organisation perceptive graphique) sont en lien avec la lisibilité de l'écriture (mesurée par le TOHL). Les gnosies digitales permettent de dépister les enfants présentant des difficultés en écriture (Weintraub & Graham, *op. cit.*), elles ont donc une influence sur la production de l'écriture.

## H. Ecriture et attention

La définition de l'attention est l' « orientation de l'activité par des buts qui a pour effet d'augmenter l'efficience des processus de prise d'information et d'exécution de l'action. » (Coquery & Richard, *op. cit.*, p. 113). Cette fonction de base est indispensable à tout processus cognitif : l'attention est nécessaire dans toutes les tâches faisant appel à des compétences cognitives.

Bastin et Deroux (2007) synthétisent les travaux antérieurs en présentant trois types d'attention :

- ◆ l'attention sélective qui permet de sélectionner et de traiter un stimulus en particulier parmi l'ensemble des stimuli qui entoure le sujet, en inhibant toute réponse aux stimuli non pertinents ;
- ◆ l'attention soutenue et la vigilance qui maintiennent un niveau attentionnel nécessaire et suffisant à la sélection de stimuli. L'attention soutenue permet la sélection de stimuli fréquents et la vigilance celle des stimuli rares ;
- ◆ l'attention divisée ou partagée qui permet de répartir les ressources attentionnelles entre plusieurs tâches ou sources d'informations. Une des activités exercées doit avoir été automatisée pour pouvoir libérer une partie des ressources attentionnelles et réaliser d'autres tâches simultanément.

Les études menées chez l'adulte ne confirment pas de lien entre ces processus attentionnels et la qualité et les aspects cinématiques de l'écriture (Tucha, Mecklinger, Walitza & Lange, 2006). Le programme moteur de l'écriture étant un automatisme chez l'adulte, les ressources attentionnelles nécessaires à sa réalisation sont faibles, tandis que l'enfant, en pleine



construction du programme moteur, mobilise des ressources attentionnelles importantes. C'est pourquoi nous pensons que ces trois processus attentionnels ont une influence sur la qualité de l'écriture chez l'enfant et non chez l'adulte. D'ailleurs, Goudreau (2000) affirme qu'« il faut les [les enfants] faire écrire souvent pour qu'ils puissent arriver à automatiser la tâche et devenir disponibles en même temps pour les explications de l'enseignant, la correction de l'orthographe, l'organisation du texte, *etc.* » (p. 25). Quand la charge cognitive augmente, les ressources attentionnelles mobilisées augmentent. Chez l'enfant en apprentissage de la lecture et de l'écriture, il n'y a aucun automatisme installé, donc chaque tâche lui demande de grandes capacités attentionnelles (attention sélective et attention soutenue) pour être réalisée. Grâce à l'automatisation, le sujet a besoin de très peu d'attention, ce qui lui permet de réaliser d'autres activités cognitives en parallèle (attention divisée). Les trois processus attentionnels ont donc une influence importante sur tout apprentissage avant qu'il soit automatisé (Goudreau, *op. cit.*). Le changement de stratégie de l'écriture provoque une diminution de la charge cognitive grâce à l'automatisation du geste d'écriture et la mise en place de la stratégie proactive qui libèrent l'ensemble des ressources attentionnelles.

## I. Ecriture et compétences visuo-spatiales

L'espace est le « cadre physique, perceptif, représentatif ou conceptuel à l'intérieur duquel des objets réels ou représentés, mobiles ou immobiles, animés ou non animés, sont situés et déplacés, activement ou passivement, dans un système de relations spatio-temporelles. » (Vurpillot, 1997, p. 452). Les aptitudes visuo-spatiales s'appuient sur un nombre important de processus : localisation, orientation, attention, mémoire spatiale, relations spatiales, rotations mentales, *etc.*

Dans un premier temps, l'organisation perceptive graphique s'observe lors de copie de figures. Cette dernière nécessite une analyse visuo-perceptive pour la reconnaissance : des formes, du nombre des éléments ou des couleurs, et des compétences visuo-spatiales pour l'organisation générale de la figure : les distances, les relations entre les éléments et l'orientation spatiale des éléments (Barisnikov & Pizzo, 2007). L'organisation perceptive graphique implique de dessiner, or le dessin est une activité complexe qui implique « une perception correcte du modèle, une analyse de ses composantes, le choix d'une échelle et d'un point de départ, la planification de la succession et de l'enchaînement des étapes, le contrôle constant de la reconstruction par rapport au modèle et de la réalisation grapho-motrice » (Fayasse & Thibaut, 2003, p. 703).

Dans un deuxième temps, l'orientation spatiale se rapporte « aux capacités d'analyse et de compréhension entre les objets perçus visuellement, ainsi qu'à la capacité à rester orienté après un changement de position d'objets ou de son corps propre » (Barisnikov & Pizzo, *op. cit.*, p. 144).

Dans un dernier temps, les praxies visuo-constructives mesurent, elles aussi, des compétences visuo-spatiales. La praxie est un ensemble de systèmes de mouvements coordonnés en fonction d'un résultat ou d'une intention (Piaget, 1960). La praxie visuo-constructive fait appel à l'analyse perceptive et spatiale pour l'analyse globale du modèle, mais aussi pour l'analyse locale qui étudie la relation des éléments entre eux. Par ailleurs, comme il s'agit d'une praxie, la planification et l'organisation des étapes d'exécution de la construction sont indispensables à cette compétence (Barisnikov & Pizzo, *op. cit.*).

Del Giudice, Grossi, Angelini, Grisanti, Latte, Fragassi et Trojans (2000) ont travaillé avec 160 enfants, 80 âgés de 3 à 5 ans et 80 âgés de 8 à 9 ans. Ainsi, ils ont établi des étapes de développement des compétences visuo-spatiales :

- 1- acquisition de l'exploration visuo-spatiale,
- 2- acquisition des compétences visuo-motrices,

puis, quand les étapes 1 et 2 sont matures :

- 3- acquisition des compétences visuo-perceptives,
- 4- acquisition de la représentation spatiale,
- 5- acquisition des compétences graphomotrices.

L'étape 5 dépend des étapes 3 et 4, ce qui signifie que le développement des compétences graphomotrices s'appuie sur des représentations spatiales et des compétences visuo-perceptives maîtrisées. Selon les auteurs, le balayage visuel est réussi dès 3 ans, mais les autres épreuves subissent l'influence de l'âge : chaque groupe d'âge supérieur réussit mieux que les groupes d'âge inférieur. L'acquisition des compétences visuo-spatiales n'est pas achevée chez les enfants de 9 ans.

Le rôle de l'organisation perceptive graphique, mesurée avec la VMI, sur les performances en écriture est montré par Maeland (1992) et Weintraub et Graham (2000), mais des recherches (Goyen & Duff, 2005 ; Marr & Cermak, 2002) ont des conclusions contradictoires. Les tests d'écriture utilisés pour ces recherches sont différents, les compétences d'écriture mesurées sont donc différentes, ce qui expliquerait des résultats contradictoires. Ainsi, Marr et Cermak (*op. cit.*) cherchent à dépister les enfants avec troubles de l'écriture grâce à la VMI. Ils ont donc fait passer le test de VMI à 101 enfants, ayant 5;6 ans de moyenne d'âge, en début d'année scolaire. En milieu d'année scolaire, un test de copie de texte, le *Scale of Children's Readiness in Printing (SCRIPT)*, est proposé aux enfants. Chez les filles, 9% de la variance au SCRIPT est expliquée par la VMI. De plus, si on compare les filles ayant un résultat supérieur à 12 à la VMI avec celles ayant une note inférieure à 12, les meilleures à la VMI obtiennent aussi de meilleurs résultats au SCRIPT. Pour les garçons, aucune influence ou

différence n'est observée. Les auteurs concluent que la VMI est un mauvais prédicteur des troubles de l'écriture, car influencé par le sexe. Mais, nous pensons que le fait d'utiliser la note au test d'écriture comme un processus global et non comme un processus plurifactoriel, empêche de montrer l'influence de l'organisation spatiale graphique sur l'écriture.

Goyen et Duff (*op. cit.*) modèrent les résultats des recherches présentées précédemment et en expliquent les contradictions. Pour cela, ils travaillent sur l'utilité de la VMI dans le dépistage des dysgraphies. Trente cinq enfants de 9 à 12 ans présentant des troubles du graphisme ont été testés et 35 enfants, sans difficultés, appariés par âge ont servi de groupe contrôle. Les résultats montrent que la VMI dépiste parfaitement les enfants présentant des troubles du développement de la coordination et identifie les enfants n'ayant pas de difficulté graphomotrice. Mais 34% d'enfants dysgraphiques ne sont pas détectés par ce test, car leur dysgraphie n'est pas liée à un déficit de l'intégration visuo-motrice. Cette recherche permet d'affirmer qu'il existe au moins deux types de dysgraphies, certaines sont liées à un déficit de la coordination visuo-motrice, d'autres sont la conséquence de facteurs différents.

Kaiser, Albaret et Doudin (2009) ont montré de façon détaillée l'influence de l'organisation spatiale graphique sur l'écriture chez les enfants de 8 ans. En effet, 75 enfants de 8 ans (52 garçons et 23 filles) ont passé le BHK, épreuve de copie de texte qui mesure la qualité et la vitesse d'écriture, et la *Developmental Test of Visual Perception* (DTVP-2), batterie de tests qui mesure l'organisation spatiale graphique et la perception visuelle. Les résultats indiquent que l'épreuve mesurant l'organisation spatiale graphique de la DTVP-2 est corrélée à 37% avec la qualité de l'écriture mesurée par le BHK. Trois items du BHK sont particulièrement concernés par les corrélations avec l'organisation spatiale graphique :

- ◆ « écriture chaotique » est corrélé à 40% ;

- ◆ « hésitations et tremblements » est corrélé à 40% ;
- ◆ « lettres retouchées » est corrélé à 37%.

A l'âge de 8 ans, l'écriture des enfants est donc fortement influencée par l'organisation spatiale graphique, une analyse de régression linéaire pas à pas indique que 21% de la variance est expliquée par l'organisation spatiale graphique.

Ces recherches, montrant les liens entre écriture et compétences visuo-spatiales, n'incluent pas toutes les compétences spatiales, l'organisation perceptive graphique est la principale compétence testée. Le développement des compétences visuo-spatiales, tel qu'il est décrit par Del Giudice *et al.* (*op. cit.*), indique des changements importants de celles-ci chez les enfants âgés de 8-9 ans, nous pouvons donc envisager que l'orientation spatiale et les praxies visuo-constructives ont un rôle dans la croissance de l'écriture chez les enfants âgés de 8 à 12 ans.

## J. Compétences motrices et mémoire de travail

La mémoire est une « capacité d'un système de traitement naturel ou artificiel à encoder l'information extraite de son expérience avec l'environnement, à la stocker dans un format approprié puis à la récupérer et à l'utiliser dans les actions ou les opérations qu'il effectue » (Lecocq, Lecomte & Schonon, 1997, p. 749).

Nous allons nous intéresser à la mémoire de travail, car elle a un rôle important dans toutes formes de langage et à notre connaissance, il n'existe pas de recherche présentant l'influence de la mémoire sur l'écriture chez les enfants. Baddeley (1992) définit la mémoire de travail comme « un système servant à retenir temporairement les informations et à les manipuler

pour une gamme importante de tâches cognitives, telles que l'apprentissage, le raisonnement et la compréhension » (p. 79). La mémoire de travail permet donc de maintenir présents en mémoire des éléments indispensables à la compréhension des situations entourant l'enfant, comme par exemple la dictée. La définition de Baddeley met en évidence un élément important de la mémoire de travail : le traitement de l'information qui, avec le stockage de l'information, forme la mémoire de travail. En effet, Baddeley (*op. cit.*) conçoit la mémoire de travail comme un système tripartite, composé de l'administrateur central, la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial. L'administrateur central a pour rôle de coordonner les deux fonctions : la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial par l'inhibition d'informations non pertinentes, le suivi et la mise à jour de la mémoire de travail, *etc.* La boucle phonologique est utilisée pour les informations auditivo-verbales, avec un espace de stockage. Le stock phonologique maintient les informations encodées phonologiquement, lesquelles s'effacent avec le temps. La répétition subvocale maintient actives les informations stockées afin de les empêcher de s'effacer. Le calepin visuo-spatial présenterait deux composantes : passive et active. Le rappel sériel de mots, de syllabes ou de chiffres, où le participant reproduit les stimuli dans le même ordre que celui de la présentation, fait appel à la boucle phonologique de la mémoire de travail. La vitesse de traitement fait appel quant à elle au calepin visuo-spatial. En effet, « un traitement plus rapide réduit le temps nécessaire à la mémorisation et limite donc les effets de l'oubli » (Soprano *in* Soprano & Narbona, 2007, p. 73).

Le modèle d'Ellis (1982) montre l'influence de différents types de mémoire sur les différentes étapes de production de l'écriture :

- ◆ l'intention ou l'idée s'appuie sur la mémoire épisodique,
- ◆ la construction de la phrase s'appuie sur la mémoire lexicale,

- ◆ la phrase elle-même est stockée en mémoire de travail,
- ◆ la production motrice est réalisée grâce à la mémoire motrice (ou mémoire procédurale qui « contiendraient des données pourvues d'un mode d'utilisation et permettrait l'acquisition quasi automatique de nouvelles aptitudes perceptivo-motrices », Simon *in* Doron et Parot , 1991, p. 444).

Rappelons que nous ne connaissons pas de recherche présentant l'influence de la mémoire sur l'écriture chez les enfants. Comme nous considérons que l'écriture est une compétence appartenant à la motricité fine, nous allons présenter une recherche qui montre l'influence de la mémoire sur les compétences en motricité fine. Ainsi, Piek, Dawson, Smith et Gasson (2008) observent le développement psychomoteur et cognitif de 33 enfants (16 filles et 17 garçons) nés prématurément de quatre semaines. Ils relèvent d'abord le développement de leur motricité fine et de leur motricité globale entre 4 mois et 48 mois, grâce à un questionnaire rempli par les parents. Puis, entre 6 ans et 11;6 ans, ils passent le *Mac Carron Assessment of Neuromuscular Development* (MAND) qui mesure les compétences en motricité fine (coordination oculo-manuelle, déliement digital et dextérité digitale) et en motricité globale (saut, déplacement et équilibre). Le développement intellectuel des enfants est également évalué par le WISC-IV. Les résultats indiquent que le milieu socio-économique dans lequel grandit l'enfant a une influence sur la motricité fine à l'âge scolaire. Le développement de la motricité fine et globale dans la petite enfance ne prédit ni la motricité globale, ni la motricité fine à l'âge scolaire, quand, au niveau statistique, l'âge gestationnel a été contrôlé. Le développement de la motricité fine de la petite enfance ne prédit pas les capacités cognitives à l'âge scolaire. En revanche, le développement de la motricité globale de la petite enfance prédit particulièrement les

compétences en mémoire de travail (mémoire des chiffres du WISC-IV) et en vitesse de traitement (symboles du WISC-IV) à l'âge scolaire.

La motricité fine ne semble pas en lien avec la mémoire de travail, mais toutes les formes de langage en dépendent, c'est pourquoi nous supposons l'existence de liens entre l'écriture et la mémoire de travail.

#### K. Compétences motrices et estime de soi

L'estime de soi est selon Pierrehumbert, Plancherel et Jankech-Caretta (1987) « l'image que chacun se construit de soi » (p. 360). Elle peut être observée dans différents domaines : les compétences cognitives ou physiques, la popularité, l'acceptation des parents, la moralité, les traits de personnalité, les caractéristiques physiques et les réactions affectives.

A notre connaissance, il n'existe pas de recherche menée sur les liens entre écriture et estime de soi. En revanche, Piek, Baynam et Barrett (2006) montrent des liens entre motricité et estime de soi. Or, l'écriture étant une activité motrice complexe, elle pourrait être également influencée par cette compétence motrice. Piek *et al.* travaillent avec deux groupes, des enfants de 7;6 ans à 12 ans et des adolescents de 12 ans à 15;6 ans, qui passent à la fois un bilan neuromoteur et une échelle d'estime de soi. Le bilan neuromoteur (MAND) évalue le développement de la motricité fine et globale et donne un indice de développement neuromusculaire (NDI) de moyenne 100 et d'écart-type 15. L'estime de soi a été mesurée grâce au *Self Perception Profile for Children* (SPP) pour les enfants et au *Self Perception Profile for Adolescents* (SPPA) pour les adolescents. Ces mesures ont permis de construire deux groupes de sujets : les enfants présentant un trouble de la coordination et les enfants sans trouble, ce dernier constituant le groupe contrôle. Les résultats indiquent que les échelles de l'estime de soi



influencées par les troubles moteurs sont l' « Ecole » et le « Physique ». Les quatre autres échelles (« Social », « Apparence », « Conduite » et « Valeur propre ») ne sont pas influencées par les troubles moteurs. En effet, la comparaison avec le groupe contrôle suggère que la faible perception des compétences scolaires par les enfants ayant un trouble de la coordination s'explique par leurs difficultés en motricité fine et pas du tout par la motricité globale ou le sexe. Le groupe sans trouble le plus jeune avec le meilleur développement en motricité fine est le groupe qui a la meilleure perception de ses compétences scolaires. Toujours en comparaison avec le groupe contrôle, la mauvaise image des capacités physiques par les enfants présentant un trouble de la coordination est à mettre en lien avec les troubles de la motricité globale. Il y a une influence du sexe :

- ◆ pour les garçons avec ou sans trouble, les compétences sportives sont déterminantes dans leur valeur propre. Le groupe de garçons le plus jeune et qui a les meilleurs résultats en motricité globale est le groupe qui a la meilleure estime de ses compétences physiques ;
- ◆ pour les filles, seules celles ayant un trouble donnent de l'importance aux compétences physiques.

Cette recherche met en évidence l'influence des compétences en coordination, notamment en motricité fine, sur l'estime de soi et différencie la coordination en motricité fine et globale :

- ◆ la motricité fine influence l'estime de soi concernant les compétences scolaires,
- ◆ la motricité globale influence l'estime de soi concernant les compétences physiques.

L'écriture étant une activité motrice complexe qui s'appuie sur la motricité fine, elle-même influencée par l'estime de soi concernant les compétences scolaires, l'écriture pourrait donc être influencée par cette échelle de l'estime de soi.

## SYNTHESE THEORIQUE

Notre recherche porte sur les enfants âgés de 8 à 12 ans qui se situent entre la phase pré-calligraphique et la phase post-calligraphique, d'après le modèle de développement présenté précédemment :

- 1- phase de découverte de l'écriture (de la phase motrice à la phase représentationnelle),
- 2- phase d'apprentissage de l'écriture (de la phase de la genèse de la lettre à la phase pré-calligraphique),
- 3- phase de perfectionnement de l'écriture (la phase calligraphique infantile),
- 4- crise de l'écriture (la phase calligraphique infantile),
- 5- phase de personnalisation de l'écriture (la phase post-calligraphique).

Ce modèle s'appuyait sur deux modèles antérieurs que nous avons synthétisés : un modèle descriptif selon lequel l'écriture respecte les normes calligraphiques correspondant aux attentes scolaires et la vitesse d'écriture augmente (Perron & Coumes, 1956) ; un modèle cognitif (Meulenbroek & Van Galen, 1988 ; Zesiger, 1995) selon lequel les enfants changent de stratégie de contrôle du geste de l'écriture. Ils passent d'un mode de contrôle rétroactif, utilisé lors de l'apprentissage de l'écriture, à un mode de contrôle proactif qui s'appuie sur un programme moteur. Ce changement de stratégie et la construction du programme moteur s'effectuent entre 8 et 10 ans.

Quand les items des tests d'écriture (par exemple : vitesse, liens entre les lettres, taille de l'écriture) sont étudiés séparément, des différences intersexes apparaissent à :

- ◆ 7-8 ans : les filles utilisent de façon plus efficace la stratégie rétroactive que les garçons,

- ◆ 11-12 ans : les filles personnalisent leur écriture plus précocement que les garçons.

Ces différences disparaissent donc avec le changement de stratégie de l'écriture (9-10 ans) et avec la personnalisation de l'écriture (après 12 ans) (Vlachos & Bonoti, 2006). Les filles présenteraient des paliers dans le développement de l'écriture, alors que celui des garçons semblerait continu. Weintraub et Graham (2000) pensent que les différences intersexes disparaissent quand l'écriture est étudiée comme un processus unitaire. C'est pourquoi, l'écriture a intérêt à être étudiée comme un processus plurifactoriel. Mojet (1991) a mis en évidence quatre facteurs de l'écriture chez les enfants : la forme, la vitesse, la qualité de la ligne et l'espacement. A partir de ces facteurs, il a proposé une classification des enfants par groupes et niveaux de compétences en écriture ; comme dans la majorité des recherches qui ont suivi (Graham *et al.*, 2006), le classement est fondé sur une bipolarité : bon *vs* mauvais ou lent *vs* rapide. L'écriture des enfants peut être étudiée dans une perspective différentielle si l'existence d'un *continuum* entre ces deux pôles est prise en considération. Ainsi, les enfants ayant un niveau d'écriture moyen ont été catégorisés comme bons ou mauvais. Toutefois, ces enfants de niveau moyen pourraient présenter des différences d'écriture et donc des différences dans les processus psychomoteurs, cognitifs et conatifs sous-jacents au niveau d'écriture.

Dans une deuxième partie, nous avons recensé les recherches sur l'écriture de façon à montrer que l'écriture est une compétence complexe qui fait appel à des compétences psychomotrices, des processus cognitifs et conatifs : la posture, la coordination oculo-manuelle, le déliement digital, les syncinésies, la régulation tonique, le rythme, le traitement de l'information sociale, les gnosies digitales, l'attention, les compétences visuo-spatiales, la mémoire de travail et l'estime de soi. Ces nombreuses compétences ont une influence :

- ◆ soit sur l'écriture,

- ◆ soit sur d'autres compétences motrices complexes, comme le dessin ou la motricité fine,
- ◆ soit sur les apprentissages scolaires, comme la lecture.

Ces deux dernières compétences sont en lien avec le développement de l'écriture qui est, elle-même, une compétence motrice complexe et un apprentissage scolaire.

Nous allons résumer l'état de la recherche sur l'influence de chacune de ces compétences psychomotrices, cognitives ou conatives sur l'écriture :

- ◆ la posture la plus académique, c'est-à-dire favorisant le geste graphique et la stabilité est, selon différents auteurs (Ajuriaguerra & Auzias *in* Ajuriaguerra *et al.*, 1956 ; Athènes & Guiard, 1990 ; Bullinger, 2003 ; Chartrel & Vinter, 2008 ; Lurçat, 1985 ; Paillard, 1990 ; Van Galen, 1991) la suivante :
  - les deux pieds sont posés à plat au sol,
  - l'assise du corps repose sur les cuisses et les ischions,
  - le dos est droit sans appui sur le dossier,
  - le poids du buste repose sur le bras non scripteur libérant ainsi le bras scripteur,
  - la main non scriptitrice immobilise la feuille et la déplace vers le haut à chaque retour à la ligne,
  - la feuille est positionnée dans l'axe du bras scripteur,
  - l'avant-bras scripteur opère une rotation autour du coude afin de provoquer la translation de la main le long de la ligne d'écriture,
  - la main est positionnée en dessous de la ligne d'écriture,
  - les lignes horizontales sont réalisées avec le poignet et les lignes verticales par les mouvements de doigts ;

- ◆ la coordination oculo-manuelle influence l'organisation spatiale de l'écriture chez l'adulte (Paillard, 1990), alors que les stratégies de contrôle moteur de l'écriture sont déjà mises en place. Parallèlement, les travaux de Bard et Hay (1983) et de Pellizzer et Hauert (1996) montrent qu'au moment du changement de stratégie de l'écriture entre 8 et 10 ans, la coordination oculo-manuelle perd temporairement en qualité. Etant donné que Paillard (*op. cit.*) montre des liens entre écriture et coordination oculo-manuelle, une baisse de qualité de cette dernière pourrait entraîner des répercussions sur l'écriture ;
- ◆ le déliement digital et son lien avec l'écriture n'est pas confirmé par toutes les recherches (Maeland, 1992). Pourtant, des études portant sur le développement du déliement digital (Dorfberger *et al.*, 2009) montrent que le déliement digital est de plus en plus rapide entre 9 et 12 ans et continue même d'augmenter jusqu'à 17 ans. Kaiser *et al.* (2009) indiquent que les épreuves de traçage de précision, nécessitant un contrôle important de la motricité fine, sont corrélées à 36% avec la qualité de l'écriture mesurée par le BHK ;
- ◆ les syncinésies diminuent fortement entre 9 et 10 ans (Albaret, *op. cit.*), simultanément au changement de stratégie de contrôle moteur de l'écriture. Ajuriaguerra et Auzias (1956) ont observé qu'une diminution des syncinésies favorise une écriture plus aisée. Par ailleurs, le programme moteur s'appuie sur l'ensemble du système nerveux qui, une fois mature, devrait rendre plus fluide la réalisation du geste ;

- ◆ le tonus est la toile de fond du mouvement. Lors de l'écriture, il est élevé à 7 ans et plutôt faible à 12 ans, la diminution se fait progressivement entre ces deux âges (Ajuriaguerra & Auzias, 1956) ;
- ◆ le rythme est lié aux activités motrices du membre supérieur (Haines, 2003). Ces liens nous permettent de supposer qu'il en existe aussi entre rythme et écriture. Les travaux menés sur le développement du rythme sur notre tranche d'âge renforcent cette idée. Les travaux de Fraisse (1974) et Stambak (*in Zazzo et al.*, 1979) montrent un progrès entre 3 et 12 ans de la reproduction des structures rythmiques aussi bien dans le nombre d'éléments qui les compose, que dans leur complexité. Cette augmentation de la perception du rythme et sa reproduction est fortement liée à l'amélioration de la discrimination et l'appréhension des structures rythmiques et à la coordination sensori-motrice ;
- ◆ lesgnosies digitales permettent de dépister les enfants présentant des difficultés en écriture (Weintraub & Graham, 2000), elles ont donc une influence sur la production de l'écriture ;
- ◆ l'attention a une influence importante sur tout apprentissage avant son automatisation (Goudreau, 2000), le changement de stratégie de l'écriture provoque une diminution de la charge cognitive grâce à l'automatisation du geste d'écriture et la mise en place de la stratégie proactive qui libèrent les ressources attentionnelles ;
- ◆ les compétences visuo-spatiales sont liées à l'écriture (Goyen & Duff, 2005 ; Kaiser *et al.*, 2009 ; Marr & Cermak, 2002 ; Weintraub & Graham, *op. cit.*). Mais ces recherches n'incluent pas toutes les compétences spatiales, les liens avec l'organisation perceptive graphique sont les principaux testés et confirmés. Le

développement des compétences visuo-spatiales, tel qu'il est décrit par Del Giudice *et al.* (2000), indique des changements importants de ces compétences chez les enfants âgés de 8-9 ans. Nous pouvons donc envisager que l'orientation spatiale et les praxies visuo-constructives ont un rôle dans le développement de l'écriture chez les enfants âgés de 8 à 12 ans ;

- ◆ la motricité fine ne semble pas en lien avec la mémoire de travail (Piek *et al.*, 2008), mais toutes les formes de langage en dépendent, c'est pourquoi nous supposons l'existence de liens entre l'écriture et la mémoire de travail ;
- ◆ l'estime de soi est influencée par la coordination des membres supérieurs, notamment en motricité fine (Piek *et al.*, 2006). Cette recherche différencie la coordination en motricité fine et globale :
  - la motricité fine influence l'estime de soi concernant les compétences scolaires,
  - la motricité globale influence l'estime de soi concernant les compétences physiques.

L'écriture n'est donc pas une compétence unique et isolée, mais elle est influencée par de nombreuses compétences se situant à l'intersection de différents processus sous-jacents : psychomoteurs, cognitifs et conatifs. Cette intrication de processus sous-jacents se détermine grâce aux définitions de :

- ◆ la conation est un terme, dont l'étymologie se retrouve dans les termes latins *conor* ou *conari* qui signifient « s'efforcer, se préparer à entreprendre quelque chose » (Florin & Vrignaud, 2007, p. 11). Reuchlin (1990) la définit ainsi « manifestation active d'une tendance » (p. 11) et peut être « utilisé(e) pour désigner l'organisation des conduites, c'est-à-dire des activités finalisées et organisées » (p. 11). Ces définitions

impliquent la motivation qui est accompagnée d'acceptation et d'adaptation, mais elles font aussi référence à la volonté et à l'intentionnalité. Reuchlin ajoute que les processus conatifs nécessitent que le sujet soit actif car, pour la réalisation d'un objectif, il doit mobiliser son activité cognitive dans ce but. Ce que le sujet est (conation) l'amène à prendre des décisions (cognition) ;

- ◆ la psychomotricité est l'« ensemble des comportements moteurs envisagés en fonction de leur liaison avec le psychisme » (Bloch, 1997, p. 1025), rappelons que le psychisme comprend l'affectivité et la cognition.

Ces définitions indiquent que ces processus sous-jacents qui, *a priori*, semblent bien différenciés, se rejoignent dans certains processus. La figure 1 (*cf.* p. 63) représente graphiquement cette intrication des processus sous-jacents et leurs influences sur l'écriture.

Compte tenu que l'écriture est le produit de multiples compétences, nous allons chercher à comprendre la manière dont interviennent ces processus sous-jacents dans une population d'enfants tout-venant et dans une population d'enfants présentant des troubles de l'écriture.



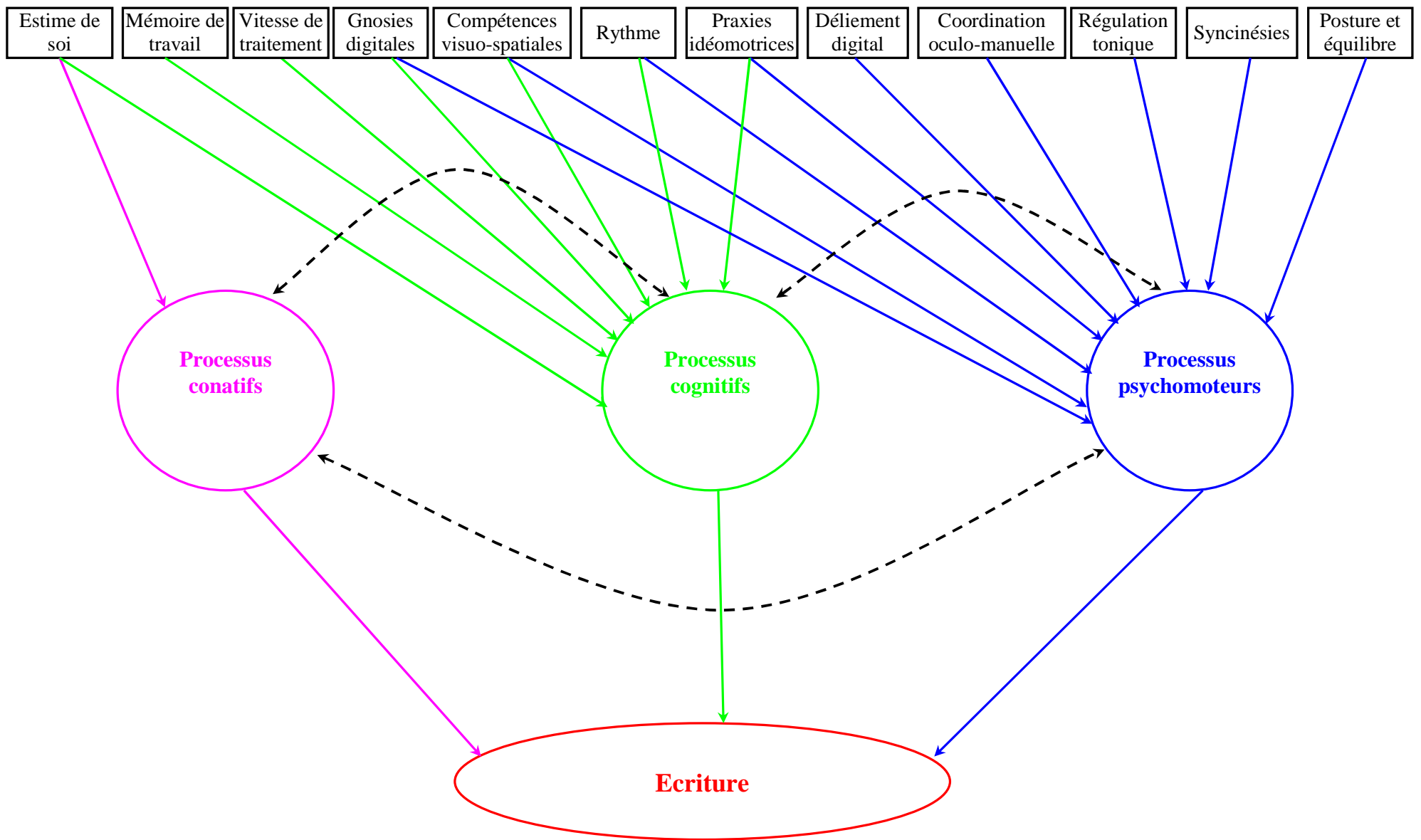


Figure 1 : Influence des processus psychomoteurs, cognitifs et conatifs sur l'écriture

## **PREMIERE ETUDE**

### **OBJECTIFS**

Les objectifs de cette première étude découlent des recherches sur les liens entre écriture et processus psychomoteurs, cognitifs et conatifs chez l'enfant tout-venant âgé de 8 à 12 ans.

Nous avons vu qu'il existe :

- ◆ une influence de certains facteurs sur l'écriture (l'équilibre, la posture, la coordination oculo-manuelle, le déliement digital, les syncinésies, la régulation tonique, le traitement de l'information sociale, lesgnosies digitales, l'attention et les compétences visuo-spatiales),
- ◆ un développement de certains processus simultané avec celui de l'écriture (le rythme, la mémoire de travail et l'estime de soi).

Nous allons donc utiliser les processus psychomoteurs, cognitifs et conatifs précités sur l'écriture dans une perspective synthétique.

L'objectif général de cette première étude est de déterminer l'impact de processus psychomoteurs, cognitifs et conatifs sur le développement de l'écriture.

Dans le cadre de cet objectif général, nous répondrons à cinq objectifs spécifiques :

- ◆ premier objectif : dans un panel d'items mesurant des processus psychomoteurs, cognitifs et conatifs (étudiés de façon isolée dans les études antérieures), nous rechercherons des processus communs qui seraient prédictifs du développement de l'écriture (variables prédictives) ;

- ◆ deuxième objectif : nous déterminerons, pour une population française, la plurifactorialité de l'écriture sur un test (le BHK) traduit et étalonné sur une population d'enfants français. Le terme de plurifactorialité renvoie à l'idée que l'écriture est un processus composite ;
- ◆ troisième objectif : nous décrirons l'influence du sexe, de l'âge et de la latéralité sur les variables prédictives de l'écriture, sur l'écriture (la vitesse et la qualité mesurées par le BHK) et sur la posture d'écriture. Nous décrirons également l'influence de la posture d'écriture sur l'écriture. Le but est de vérifier que les influences constatées par les études antérieures apparaissent avec le BHK ;
- ◆ quatrième objectif : nous évaluerons l'influence des variables prédictives de l'écriture, étudiées isolément dans les études antérieures, sur une seule population. En effet, si la plupart de ces variables prédictives a un lien avéré avec l'écriture, l'objectif ici est d'établir l'importance de l'influence de chacune d'elles sur l'écriture : sa vitesse, sa qualité, mais aussi ses différents facteurs ;
- ◆ cinquième objectif : nous repèrerons les profils de scripteurs, ainsi que les processus associés à chacun de ces profils.

Le choix de cet âge se justifie, d'une part, par le fait que les enfants de 8 ans apprennent à écrire depuis au moins 2 ans, ils ont compris l'aspect symbolique de l'écriture, ils savent déchiffrer toutes les lettres et les mots simples, l'enfant n'est donc plus dans une période de découverte (jusqu'à la phase pré-calligraphique). D'autre part, l'écriture s'automatise entre 8 et 10 ans (Zesiger, 1995) et dans cette phase d'automatisation de l'écriture l'enfant est toujours dans une période de développement de l'écriture (après la phase calligraphique).

## METHODE

### I. Participants

Pour cette première étude portant sur une population d'enfants tout-venant francophones, nous nous sommes rendus dans une école primaire de la région parisienne (classes sociales mixtes). Nous avons recueilli les données auprès de 8 classes allant du cours élémentaire deuxième année (CE2) au cours moyen deuxième année (CM2). Cent quatre-vingt deux enfants (de 7;10 ans à 12;0 ans) ont été testés, nous les avons répartis selon quatre tranches d'âge : 8 ans, 9 ans, 10 ans et 11 ans. Leur répartition est présentée dans le tableau 1.

Tableau 1 : Effectifs de la population en fonction de l'âge et de la latéralité

		8 ans	9 ans	10 ans	11 ans	Ensemble du groupe
Filles	Droitières	21	27	26	8	82
	Gauchères	3	0	3	2	8
	Total	24	27	29	10	90
Garçons	Droitiers	27	15	31	7	80
	Gauchers	3	4	5	0	12
	Total	30	19	36	7	92
Ensemble du groupe		54	46	65	17	182

Après avoir réalisé un test de Mann Whitney, nous avons constaté qu'il n'existe pas de différence d'âge entre les garçons et les filles, ni entre les droitiers et les gauchers (*cf.* tableau 2).

Tableau 2 : Age moyen et écart-type des participants en fonction du sexe et de la latéralité

	Effectifs	Age
Total	182	9;9 (-0,98)
Filles	90	9;9 (-0,99)
Garçons	92	9;8 (-0,99)
Droitiers	162	9;9 (-0,97)
Gauchers	20	9;9 (-1,10)

Les expérimentations effectuées avec les enfants tout-venant (ou les enfants ayant des troubles de l'écriture pour la seconde étude) ne présentent aucun risque physique ou psychologique pour les participants. Elles ont fait l'objet de demandes auprès des autorités scolaires compétentes, qui ont donné leur accord pour la réalisation de ces travaux. Conformément à cet accord, seuls les enfants ayant une autorisation parentale signée font partie de ces études. Les enfants sont tous venus de leur plein gré participer aux épreuves. Leur anonymat a été préservé grâce à l'attribution d'un numéro figurant sur leur protocole. Il a été convenu avec les enseignants et les parents de cette école que les résultats généraux de la recherche leur seraient transmis, mais qu'aucun résultat individuel ne serait fourni.

Pour répondre aux cinq objectifs proposés, nous avons sélectionné des épreuves écrites, psychomotrices, cognitives et conatives. Un document (*cf.* Annexe A) a été créé, contenant l'ensemble des épreuves que nous proposons aux enfants. Ce document revêt un aspect pratique dans la récolte de données, nous le nommerons protocole. Ce protocole contient le détail des épreuves. Dans ce qui suit, nous allons présenter les épreuves et mesures effectuées dans une situation d'écriture (§ II), puis celles concernant les trois champs psychomoteurs, cognitifs et conatifs (§ III).

## II. Les épreuves d'écriture

Deux épreuves d'écriture, la copie d'un texte et la copie répétée d'une même phrase ont été proposées aux enfants, elles mesurent toutes deux des aspects différents de l'écriture : la qualité, la vitesse et la posture de l'écriture.

### A. L'échelle d'évaluation rapide de l'écriture (BHK)

L'échelle d'évaluation rapide de l'écriture chez l'enfant appelée *Concise Evaluation Scale For Children Handwriting* (BHK) nous a permis d'évaluer l'écriture. Cette échelle a été créée par Hamstra-Bletz, De Bie et Den Brinker (1987), elle a été traduite par Charles, Soppelsa et Albaret (2003). Cette épreuve étudie l'écriture selon les normes scolaires attendues, ainsi que la vitesse d'écriture, aussi appelée efficacité en écriture (nombre de caractères écrits en 5 minutes). L'analyse de l'écriture des enfants se fait à l'aide de 13 items (score de 0 à 5 points pour chaque item) mesurant :

- ◆ la taille de l'écriture (item « écriture grande ») : la taille des lettres troncs (*a, c, e, i, m, n, o, r, s, u, v, w, x*) est comprise entre 3 mm et 9 mm (ou plus). Plus l'écriture est petite, plus la notation est proche de 0 ;
- ◆ la constance de la marge (item « inclinaison de la marge vers la droite ») : la marge doit être inclinée le moins possible à droite par rapport à la première ligne. Plus la marge est droite, plus la notation est proche de 0 ;
- ◆ la rectitude de la ligne d'écriture (item « lignes non planes ») : dans une phrase, la base des lettres doit reposer sur une droite rectiligne. Moins les mots dansent sur la ligne, plus la notation est proche de 0 ;

- ◆ l'espace inter-mots (item « mots serrés ») : l'espace entre deux mots est correct lorsqu'il équivaut à la largeur d'une lettre tronc (le *o*) écrite par l'enfant. Plus les mots sont espacés distinctement, plus la notation est proche de 0 ;
- ◆ le freinage du geste d'écriture irrégulier (item « chaotique ») : des liens horizontaux trop longs entre deux lettres et/ou trop anguleux (changement inadapté de direction entre deux lettres) indiquent une écriture non fluide. Plus l'écriture est fluide, plus la notation est proche de 0 ;
- ◆ le manque de liaison entre les lettres dans le mot (item « liens ») : l'enchaînement de deux lettres, qui ne nécessite pas de lever de stylo, ne doit pas présenter d'espace entre ces deux lettres. Plus l'écriture est liée, plus la notation est proche de 0 ;
- ◆ l'interpénétration des lettres (item « télescopes ») : les lettres se touchent ou se superposent lorsque leur enchaînement est trop précipité. Plus les lettres sont distinctes les unes des autres, plus la notation est proche de 0 ;
- ◆ la constance de la taille des lettres (item « variation dans la hauteur des lettres troncs ») : il faut établir la hauteur de la plus petite lettre tronc. Les autres lettres troncs ne doivent pas être excessivement plus hautes que celle-ci. Plus la taille des lettres est régulière, plus la notation est proche de 0 ;
- ◆ le respect de la différence de taille entre les petites et les grandes lettres (item « hauteur relative des lettres ») : les lettres troncs ne doivent pas être de la même hauteur que les lettres non-troncs et inversement. Plus la proportion entre les lettres troncs et les lettres non-troncs est respectée, plus la notation est proche de 0 ;
- ◆ la déformation des lettres (item « distorsion des lettres ») : il s'agit de lettres dont la forme ne correspond pas à une forme standard de l'alphabet, sans que cela soit du

registre de la personnalisation. Plus les lettres sont lisibles, plus la notation est proche de 0 ;

- ◆ la confusion des lettres (item « forme des lettres ambiguës ») : les lettres sont mal formées et peuvent être interprétées comme étant une autre lettre. Moins les lettres sont confuses, plus la notation est proche de 0 ;
- ◆ la correction de la forme des lettres (item « lettres retouchées ») : sur des lettres, ou une partie de celles-ci, le stylo est repassé plusieurs fois pour modifier l'apparence de la lettre. Moins les lettres sont retouchées, plus la notation est proche de 0 ;
- ◆ la fluidité du mouvement (item « hésitation et tremblement ») : l'écriture est tremblante, hésitante formant une mauvaise trace écrite. Plus le tracé est net et précis, plus la notation est proche de 0.

Le BHK consiste à copier un texte sur une feuille blanche pendant cinq minutes. La notation donne une note globale qui s'échelonne de 0 à 65. Il est important de préciser que la note du BHK est inversement proportionnelle aux capacités de l'enfant : plus la note s'approche de 0, plus l'écriture de l'enfant est régulière et correspond aux normes scolaires européennes ; plus la note s'approche de 65, plus l'enfant rencontre de difficultés pour écrire et moins son écriture est lisible et moins elle correspond aux normes calligraphiques scolaires.

On mesure aussi la vitesse d'écriture (de 0 à 464 caractères), c'est-à-dire le nombre de caractères écrits en 5 minutes. La passation s'est effectuée en classe entière, tous les enfants devaient tenir la main scriptitrice en l'air, puis l'abaisser à notre signal de départ de l'épreuve. Au bout de 5 minutes, à notre signal, ils devaient cesser d'écrire et lever le bras scripteur. Seule une enfant n'a pu respecter les consignes pour cause d'impulsivité, nous n'avons donc pas tenu compte de sa vitesse d'écriture. Trois expérimentateurs ont contrôlé le bon déroulement de l'épreuve.



## B. La posture d'écriture, l'utilisation du matériel et la douleur

Dans la mesure où le BHK est une épreuve que nous avons fait passer collectivement aux participants, nous avons dû observer la posture d'écriture de chaque enfant dans une seconde situation de production d'écriture, suite à laquelle nous avons également enregistré le niveau de douleur.

La posture d'écriture de l'enfant est observée puis consignée avec des variables qualitatives. De plus, une étude de l'utilisation du matériel d'écriture, comme la feuille et l'outil scripteur, a été effectuée, ainsi qu'une mesure de la douleur pendant l'écriture.

Pendant que l'enfant écrit quatre fois de suite "la terre est ronde" (sans majuscule) sur une feuille blanche avec un stylo à bille identique pour tous les enfants, nous avons observé la posture d'écriture :

- ◆ la latéralité de l'enfant selon deux modalités : écriture de la main droite ou gauche ;
- ◆ la préhension de l'outil scripteur (ou tenue du crayon) selon six modalités : tripode classique, tripode pouce par-dessus, tripode doigts tendus, prise entre index et auriculaire, prise digito-palmaire, quadripode ;
- ◆ la position de la feuille selon trois modalités : face à lui, dans l'axe de son bras, perpendiculaire à l'axe de son bras ;
- ◆ le nombre de pieds posés au sol (ou nombre de pieds au sol) selon trois modalités : aucun, un ou deux pieds posés au sol ;
- ◆ la position des jambes selon deux modalités : croisées ou non ;

- ◆ la stabilité de la position assise (ou stabilité de l'assise) selon deux modalités : ischions et cuisses posés sur la chaise ou au bord de la chaise (seuls les ischions sont en contact avec la chaise) ;
- ◆ la position du bassin selon deux modalités : le bassin dans l'axe du dos ou en rétroversion (le haut du bassin est basculé vers l'arrière tandis que le bas du bassin est basculé vers l'avant) ;
- ◆ la position du dos (ou adossement à la chaise) selon deux modalités : l'enfant est adossé ou non à la chaise ;
- ◆ la position du dos selon deux modalités : le dos est droit ou penché sur le bureau ;
- ◆ la position de la tête selon deux modalités : la tête est penchée vers le bras scripteur ou vers le bras non scripteur ;
- ◆ la répartition du poids du corps (ou bras d'appui) selon deux modalités : en appui sur le bras scripteur ou le bras non scripteur ;
- ◆ la position de la main par rapport à la ligne d'écriture selon quatre modalités : la main se situe en dessous de la ligne, en « bec de cygne », au niveau de la ligne ou sans appui sur le support.

Ensuite, la douleur est évaluée. Nous posons à l'enfant la question suivante : « As-tu mal quand tu écris habituellement ? » Si l'enfant répond positivement, nous lui demandons où il a mal, quand il écrit. Ensuite, nous lui présentons une échelle de douleur afin de l'évaluer. Cette échelle est utilisée par le personnel médical dans les hôpitaux. Il s'agit d'une échelle d'autoévaluation comprise entre 0 et 10 (*cf.* Annexe B) qui se présente sous la forme d'une règle graduée munie d'un curseur : plus la douleur est importante, plus l'évaluation s'approche de 10. Pour aider l'enfant dans son évaluation, trois visages apparaissent sur la règle : à gauche de

l'enfant un visage souriant (niveau 0), au milieu de l'échelle un visage neutre (sa bouche est plate, niveau 5), enfin, à droite de l'enfant, un visage triste (les coins de la bouche sont tirés vers le bas, niveau 10). Au dos de l'échelle de douleur (le côté orienté vers l'expérimentateur), des chiffres sont indiqués et permettent une objectivation de la douleur, qui est un phénomène subjectif. Nous expliquons l'utilisation de la règle à l'enfant ainsi : « Ici, le personnage sourit, il n'a pas du tout mal, à l'autre bout le personnage semble triste, il a très mal, comme quand tu te coinces les doigts dans une porte. En bougeant le curseur, montre-moi combien tu as mal, quand tu écris, à ton bras, à ta main ou à ton épaule, *etc.* (simultanément, nous lui désignons la partie du corps qu'il a indiquée comme douloureuse précédemment) ». L'enfant bouge le curseur pour indiquer son niveau de douleur. Si l'enfant dit qu'il n'a aucune douleur, nous ne lui présentons pas la règle.

### **III. Les épreuves psychomotrices, cognitives et conatives**

L'ensemble de ces épreuves va former ce que nous nommerons les variables prédictives, car nous supposons qu'elles prédiront la qualité et la vitesse d'écriture des enfants.

#### **A. L'équilibre**

Cette épreuve permet d'étudier l'influence de la régulation tonico-posturale sur le maintien de l'équilibre. L'enfant doit rester en équilibre :

- 1- sur deux pieds serrés, les yeux ouverts,
- 2- sur deux pieds serrés, les yeux fermés,
- 3- sur un pied, les yeux ouverts,

4- sur l'autre, les yeux ouverts.

L'enfant doit tenir chaque posture pendant 30 secondes. Quand l'enfant réussit (sans poser le pied surélevé, sans ouvrir les yeux) dans les délais impartis, 1 point lui est attribué pour chaque posture. Mais, 100% des enfants tout-venant ont réussi l'épreuve les pieds serrés, que les yeux soient ouverts ou fermés. C'est pourquoi dans l'analyse des résultats, nous avons étudié uniquement les résultats aux épreuves sur un pied. Le score s'étend donc de 0 à 2.

### B. L'épreuve d'efficiencia motrice latéralisée

Cette épreuve permet d'examiner la coordination oculo-manuelle. Nous avons nommé cette épreuve : l'épreuve d'efficiencia motrice latéralisée. Nous avons construit ce test en nous inspirant de différents tests existants mesurant la coordination oculo-manuelle (par exemple, test des bâtonnets, Albaret, 2003). L'enfant a à sa disposition une boîte percée en son milieu d'un trou de 3 mm et 50 bâtonnets de diamètre 2,5 mm et d'une longueur de 1,5 cm. D'une seule main, l'enfant doit insérer le maximum de bâtonnets à travers le trou de la boîte en 30 secondes. Cette procédure est réalisée avec les deux mains successivement dans un ordre aléatoire. L'évaluation de cette épreuve se fait grâce au nombre de bâtonnets insérés dans la boîte pour chaque main. Le score s'échelonne de 0 à 50.

### C. Le *tapping* de la NEPSY et les syncinésies

#### 1. Le *tapping* de la NEPSY

Les épreuves de *tapping* simple et séquentiel sont issues de la batterie de tests de la NEPSY. Les tests de *tapping* et d'efficiencia motrice mesurent les capacités à organiser, planifier,

coordonner et contrôler les mouvements fins des doigts de manière rapide et précise. Ils informent aussi sur le traitement des informations kinesthésiques et tactiles, ainsi que sur l'influence de la dominance latérale. L'épreuve de *tapping* simple renseigne sur la coordination pouce/index et la capacité d'inhibition du mouvement des autres doigts, tandis que le *tapping* séquentiel informe sur la coordination et la dissociation des doigts. De plus, comme son nom l'indique, cette épreuve met en jeu une séquentialité motrice. Ces deux épreuves sont chronométrées. L'expérimentateur montre au préalable les mouvements de doigts que l'enfant devra reproduire. L'épreuve commence par la main dominante ou celle qui est choisie par l'enfant. Cette épreuve est composée de deux sous-épreuves :

- ◆ le *tapping* simple, appelé également « coordination pouce/index » ou « touche pouce » : il s'agit pour l'enfant de toucher 32 fois la face interne de son pouce avec la face interne de son index, ses deux doigts doivent former un cercle. Cette épreuve s'arrête lorsque l'enfant a effectué 32 fois de suite le mouvement correctement. Cette épreuve est évaluée par le temps en secondes, avec un maximum de 60 secondes ;
- ◆ le *tapping* séquentiel, appelé également « gnoso-praxies digitales », « coordination/dissociation des doigts » ou encore « doigts-pouce ». L'enfant doit toucher la face interne de chacun de ses doigts avec la face interne de son pouce. Ce mouvement s'effectue de façon séquentielle et ordonnée : il commence par l'index, suit le majeur, puis l'annulaire et enfin l'auriculaire ; ensuite il reprend son mouvement en partant de l'auriculaire, jusqu'à l'index. Il doit réussir huit séquences successivement. Cette épreuve est mesurée par le temps en secondes, avec un maximum de 90 secondes.

## 2. Les syncinésies

Les syncinésies informent sur la maturité neurologique et les capacités d'inhibition des mouvements parasites. Pendant les deux épreuves de *tapping* (cf. ci-dessus), les différents types de syncinésies ont été observés et relevés pour chaque main :

- ◆ syncinésies homolatérales de diffusion tonique ;
- ◆ syncinésies controlatérales d'imitation ;
- ◆ syncinésies controlatérales de diffusion tonique ;
- ◆ syncinésies bucco-faciales.

L'enfant a un capital de 4 points (1 point pour chaque type de syncinésies) pour chaque épreuve de *tapping* et pour chaque main. Chaque fois qu'un type de syncinésies apparaît, un point est retiré. Le score minimum est de 0 point, quand l'enfant fait apparaître tous les types de syncinésies au cours d'une épreuve. Le score maximum est de 8 points pour chaque main, quand l'enfant ne fait apparaître aucune syncinésie dans chacune des deux épreuves de *tapping*. Le score s'étend donc de 0 à 16 points.

#### D. La régulation tonique

L'objectif est d'observer les capacités de régulation tonique (la détente musculaire) sur demande, nous vérifions que l'enfant décontracte ses muscles quand il le décide ou quand cela lui est demandé.

Il s'agit de mobilisations passives du membre supérieur utilisées par les psychomotriciens lors de leurs bilans. L'expérimentateur (une psychomotricienne) bouge les bras, les doigts, les poignets et les épaules de l'enfant, qui doivent rester détendus. S'il n'apparaît aucune participation, persévération ou anticipation, 1 point est attribué pour l'extensibilité du poignet, le ballant du poignet et l'extensibilité de l'épaule. Le score minimum est 0 point si la régulation

tonique est mauvaise et 3 points maximum, pour chaque membre, quand elle est bonne. Le score s'étend donc de 0 à 6 points.

#### E. Les structures rythmiques

Les structures rythmiques de Stambak (*in Zazzo et al.*, 1977) testent les capacités de coordinations sensori-motrices, spécifiquement auditivo-motrices, des enfants. Ce test fait appel au traitement séquentiel auditif de l'enfant et à sa mémoire de travail.

Hors de la vue de l'enfant, l'expérimentateur tape avec un stylo sur la table, une structure rythmique composée de 4 à 7 éléments. L'enfant écoute et lorsque l'examineur lui indique qu'il a fini sa structure l'enfant doit la reproduire. L'ensemble de l'épreuve est composé de 17 structures rythmiques présentées par ordre croissant de difficulté. L'expérimentateur attribue 2 points quand l'enfant réussit la structure au premier essai, 1 point au deuxième essai et 0 point quand l'enfant échoue aux deux essais. Le score minimum est 0 point et le maximum 34 points.

Il existe deux formes de structures rythmiques, celles destinées aux enfants de 6 à 8 ans et celles destinées aux enfants de 9 à 12 ans. Nous avons proposé aux enfants uniquement la deuxième forme afin de pouvoir comparer statistiquement les scores de tous les participants. De plus, ce choix est justifié par Pireyre (2000), selon lequel, à partir de la structure 9, les structures rythmiques de la première forme sont similaires aux sept premières structures de la deuxième forme. Ces sept premières structures sont réussies par 100% des enfants de 8 ans tout-venant. Ces sept structures ont donc atteint un palier dès cet âge et les sept premières structures de la deuxième forme sont donc accessibles aux enfants de 8 ans.

## F. Les gnosies digitales

Il s'agit pour l'enfant de discriminer des stimuli tactiles sans aide d'un support visuel. Ce test permet de nous donner des indications sur la discrimination de l'information tactile qui est liée au développement sensori-moteur. Les erreurs d'identification lorsque deux doigts sont touchés simultanément sont courantes avant l'âge de 8 ans.

Le test de gnosies digitales ou distinction de doigts est issu de la batterie de tests de la NEPSY. La main de l'enfant est mise sous un cache qui l'empêche de voir sa main. L'expérimentateur lui touche un doigt (ou deux selon la procédure de l'épreuve), puis soulève le cache et lui demande de montrer le (ou les) doigt(s) qui a (ou ont) été touché(s). L'ordre des doigts touchés est toujours le même. La note est de 1 point par doigt reconnu, ce qui donne un score maximum de 18 pour chaque main. Si l'enfant commet une erreur, nous lui proposons un deuxième essai ; en cas de réussite la première erreur n'est pas comptabilisée. L'épreuve commence par la main dominante.

## G. Les épreuves spatiales

### 1. L'orientation spatiale

L'orientation spatiale a été mesurée grâce au test issu de la batterie de tests de Piaget-Head décrit par Galifret-Granjon (*in Zazzo et al., 1977*). Cette épreuve teste les capacités d'orientation spatiale (c'est-à-dire savoir repérer la droite et la gauche sur soi, sur autrui et sur des objets non orientés), les capacités de décentration et de représentation de son propre espace et de l'espace d'autrui. De plus, cette épreuve nécessite de réaliser des rotations mentales dans l'espace.



Ce test d'orientation spatiale se présente sous la forme de quatre sous-épreuves présentées toujours dans le même ordre :

- 1- « orientation sur soi » : l'enfant doit indiquer à la demande de l'expérimentateur quelle est son oreille gauche, sa main droite, son pied gauche et son œil droit. Cette épreuve est notée sur 4 points, un point par bonne réponse. L'enfant n'a droit qu'à un seul essai ;
- 2- « orientation sur autrui » : l'enfant doit indiquer à la demande de l'expérimentateur quelle est l'oreille gauche, la main droite, le pied gauche et l'œil droit de l'expérimentateur qui se situe en face de l'enfant. Cette épreuve est notée sur 4 points, un point par bonne réponse. l'enfant n'a droit qu'à un seul essai ;
- 3- « orientation par rapport à deux objets » : deux billes (une blanche et une noire) sont placées devant l'enfant sur la table et l'expérimentateur lui demande si la bille blanche est à droite ou à gauche de la bille noire et inversement si la bille noire est à droite ou à gauche de la bille blanche. Cette épreuve est notée sur 2 points, un point par bonne réponse. l'enfant n'a droit qu'à un seul essai ;
- 4- « orientation par rapport à 3 objets » : trois billes (une blanche, une noire et une transparente, l'ordre étant aléatoire) sont alignées devant l'enfant sur la table. Les billes sont nommées par leur couleur, nous nommerons ici la bille à droite de l'expérimentateur bille A, la bille du milieu B et à gauche de l'expérimentateur C. Ensuite, nous demandons à l'enfant si A est à droite ou à gauche de B, si C est à droite ou à gauche de B, si A est à droite ou à gauche de C et si B est à droite ou à gauche de C. Cette épreuve est notée sur 4 points, un point par bonne réponse. L'enfant n'a droit qu'à un seul essai.

Le score maximum est donc de 14 points pour cette épreuve. Nous avons choisi les billes comme matériel d'expérimentation, car ce sont des objets sans orientation spatiale et faisant partie de l'univers des enfants.

## 2. Le test de Bender-Santucci

Cette épreuve observe les capacités d'organisation perceptive graphique et la coordination visuo-motrice. Il y a peu d'écrits sur les processus évalués dans le test de Bender-Santucci ou la VMI, ce qui nous incite à aller rechercher des informations dans d'autres tests semblables à ceux-ci. En effet, la copie de dessin, que ce soit dans la figure de Rey ou dans le test de Bender-Santucci, implique les mêmes processus cognitifs. Gaudreau (2001) cite les processus mis en œuvre dans la copie de la figure complexe de Rey ainsi : « perception visuelle (dans ses aspects analytiques et synthétiques), manières d'appréhender l'espace physique, situation hiérarchisée d'éléments dans un espace à deux dimensions, motricité manuelle fine, coordination visuo-motrice, mémorisation à court terme d'éléments symboliques, planification et organisation d'un travail intellectuel, disposition pour le dessin technique, attention concentration. » (p. 21).

Le test de Bender-Santucci est une adaptation du test de Bender (1960) réalisée par Santucci et Pêcheux (1979). Elle est constituée de cinq figures géométriques, elles-mêmes composées de figures géométriques simples. Les enfants doivent reproduire à l'identique les cinq modèles. Ces figures ont été présentées sur une feuille en format paysage (*cf.* annexe C) identique pour chaque enfant. Sur le haut de la page apparaissent, dans des cases, les modèles que les enfants doivent reproduire dans une case vide juste en dessous. Chaque figure est cotée à partir d'échelles d'évaluation réalisées par Santucci et Pêcheux. Le score minimum pour les cinq figures est 0 et le maximum 81.

## H. Les épreuves du WISC IV

Parmi les processus cognitifs susceptibles d'être en lien avec l'écriture, nous avons sélectionné un subtest par échelle : le raisonnement perceptif, la vitesse de traitement, la compréhension verbale et la mémoire de travail. Nous avons choisi des subtests du WISC IV qui ont été décrit par Wechsler (2005) et Grégoire (2006).

### 1. Les cubes

Ce subtest appartient à l'échelle de raisonnement perceptif. Dans le domaine des compétences spatiales, ce subtest permet d'observer la capacité à analyser, encoder et manipuler des stimuli visuo-spatiaux abstraits, la perception et l'organisation visuelles des stimuli, la capacité à distinguer la figure du fond dans les stimuli visuels et le raisonnement sur les relations spatiales. Il mesure aussi des compétences cognitives, notamment, la formation de concepts non verbaux et les processus simultanés. Il met également en évidence l'aptitude à travailler sous la pression du temps. Enfin, dans le domaine des praxies, il mesure les coordinations visuo-motrices sans support écrit. Ce dernier processus intéresse particulièrement cette recherche, car les processus visuo-spatiaux ont une influence sur l'écriture.

Dans l'épreuve des cubes, l'enfant doit agencer des cubes, à faces unicolores rouges ou blanches et bicolores rouges et blanches, de manière à reproduire 14 dessins géométriques présentés par ordre croissant de difficulté. Un temps précis lui est imparti pour chaque figure. A partir de la figure n°9, les notes diffèrent selon le temps nécessaire à l'enfant pour réaliser la tâche. Les points sont attribués quand la figure est reproduite dans les temps. Le score minimum est 0 point, le maximum est 63 points.

## 2. Les symboles

Ce subtest appartient à l'échelle vitesse de traitement. En plus de l'observation de la vitesse de la discrimination visuelle, cette épreuve permet d'observer les capacités à réaliser de manière rapide une tâche cognitive simple (reconnaissance de figures) qui exige une grande capacité d'attention. Elle met en avant la mémoire visuelle à court terme, la flexibilité cognitive dans les capacités de recherche, la concentration et la capacité à travailler sous la pression du temps. Cette épreuve ne nécessite pas d'intervention importante des capacités en motricité fine. La vitesse de traitement est indispensable à l'analyse de l'information écrite.

Par item, deux symboles sont présentés à l'enfant. Puis, parmi une succession de cinq symboles l'enfant doit préciser s'il retrouve l'un des deux, en cochant l'une des cases appropriées : « oui » si le stimulus est présent, « non » s'il est absent. Il y a soixante items présentés dans un ordre fixe. Cette épreuve est chronométrée et dure 120 secondes. Deux formes existent, la première appelée A est destinée aux enfants de 6 et 7 ans, tandis que la seconde appelée B, est proposée aux enfants entre 8 et 16 ans. Nous avons utilisé la forme B. Un point est attribué pour chaque bonne réponse. Le score minimum est 0 et le maximum est 60.

## 3. La compréhension verbale

Ce subtest appartient à l'échelle compréhension verbale. Les résultats à cette épreuve dépendent beaucoup des opportunités d'apprentissage rencontrées par l'enfant dans son milieu familial, qui sont elles-mêmes liées au milieu socio-économique des parents. Ce subtest est une mesure de l'intelligence cristallisée. En cela, il est bon prédicteur de la réussite scolaire et des capacités d'apprentissage (Ackerman *et al.*, 2001). Il évalue le raisonnement, la conceptualisation, la capacité à utiliser des expériences antérieures, la compréhension et l'expression verbales. Il permet aussi d'observer les capacités de jugement et les connaissances

générales et sociales. L'écriture est une représentation graphique du langage et répond à des codes sociaux.

L'enfant est interrogé sur sa compréhension des principes généraux et des situations sociales. Le questionnaire est composé de 21 questions sur la vie quotidienne et la vie de notre société présentées par ordre croissant de difficulté. Chaque question permet d'obtenir 2 points quand la réponse est complète, 1 point quand la réponse est partielle et 0 point quand la réponse est fausse. Le score minimum est 0 point et le maximum est 42 points.

#### 4. La mémoire des chiffres

Ce subtest appartient à l'échelle mémoire de travail. Il est conçu pour évaluer la mémoire auditive de travail, les capacités de séquençage, l'attention et la concentration. Les processus sous-jacents à la réalisation des tâches de la mémoire en ordre direct et en ordre inverse varient. En effet, lors du traitement de la mémorisation des informations en ordre direct, l'effet de primauté (Baddeley, 1992) intervient en priorité, tandis que dans l'ordre inverse, il s'agit de l'effet de récence. Cette différenciation des deux tâches nous permet de déterminer avec précision quel processus de la mémoire intervient. La mémoire de travail a un rôle important dans le traitement de toutes formes de langage, notamment le langage écrit.

Le subtest mémoire des chiffres se décompose en deux parties : mémoire des chiffres en ordre direct et en ordre inverse. Dans un premier temps, l'expérimentateur lit des successions de chiffres que l'enfant doit répéter dans le même ordre ; dans un second temps, l'enfant doit répéter les chiffres dans l'ordre inverse de celui qui vient de lui être lu. Chacune des deux parties est composée de 8 items de 2 essais chacun présentés par ordre croissant de difficulté. Un point est attribué à chaque essai réussi. Chaque épreuve de mémoire a pour maximum 16 points.

## I. Les mouvements de main

L'épreuve mouvements de main appartient à l'échelle de traitement séquentiel du K-ABC. Ce subtest évalue les processus séquentiels mettant en jeu les compétences visuo-motrices. Les résultats à cette épreuve sont influencés par l'attention. Il renseigne aussi sur l'organisation perceptive, la capacité à reproduire un modèle, la mémoire visuelle immédiate, la coordination visuo-motrice et les praxies idéomotrices.

Il est demandé à l'enfant d'imiter les mouvements de main de l'examineur dès que celui-ci lui dit « à toi maintenant ». Ces mouvements se composent de frappes successives sur la table réalisées avec le poing, la paume ou le côté de la main. Il y a entre deux et six mouvements de main par item présentés par ordre croissant de difficulté. L'enfant dispose de deux essais pour réaliser le mouvement qui est reproduit une deuxième fois par l'expérimentateur. Chaque mouvement réussi obtient 1 point. Le minimum est 0 point, le maximum est de 21 points.

## J. Le SPP

Nous avons choisi le *Self Perception Profile for Children* (SPP) (cf. Annexe D) pour mesurer l'estime de soi. Ce test permet de mesurer la représentation que l'enfant a de ses compétences. Le SPP est composé de six échelles (école, sociale, physique, apparence, conduite et valeur propre), parmi lesquelles nous en avons sélectionné trois :

- ◆ Ecole (SPP : Compétences scolaires) propose d'évaluer l'estime de soi concernant les compétences scolaires et cognitives,
- ◆ Physique (SPP : Compétences physiques) propose d'évaluer l'estime de soi concernant les performances physiques et particulièrement sportives,

- ◆ Valeur propre (SPP : Valeur propre) propose d'évaluer l'estime de soi concernant la satisfaction que l'enfant a de soi et de sa vie.

Le choix de ces trois échelles s'explique par les travaux de Piek *et al.* (*op. cit.*) qui ont montré que les échelles « école » et « physique » sont corrélées aux compétences motrices. Nous avons ajouté l'échelle « valeur propre » comme mesure de l'estime de soi globale. Pour chaque échelle, l'enfant doit répondre à cinq items sur une échelle de Likert. Ces items se présentent sous la forme affirmative et l'enfant évalue son degré d'accord ou de désaccord avec l'affirmation. Un point est attribué en cas de désaccord, quatre points en cas d'accord total avec l'affirmation. Les items de chaque échelle sont mélangés, l'ordre de l'échelle complète a été préservé. Chaque échelle a pour score minimum 5 points et maximum 20 points.

#### IV. Procédure

Les enfants passent certaines épreuves individuellement, c'est-à-dire en face à face avec l'expérimentateur, d'autres épreuves ont été réalisées collectivement en classe. Les modalités de passation des épreuves sont indiquées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Mode de passation

	Mode de passation	
	collectif	individuel
Orientation spatiale		X
Test de Bender-Santucci	X	
Gnosies digitales		X
<i>Tapping</i>		X
Efficience motrice		X
Syncinésies		X
Régulation tonique		X
Equilibre		X
Rythme		X
BHK	X	
Posture d'écriture		X
Cubes		X
Mémoire des chiffres		X
Compréhension		X
Symboles	X	
Mouvements de main		X
SPP	X	

Lors des passations, trois expérimentateurs (psychologues et/ou psychomotriciens) ont toujours été présents. Les psychologues ont fait passer les épreuves psychologiques, les psychomotriciens les épreuves psychomotrices. Pour les épreuves individuelles, les enfants sont venus par groupe de trois dans une salle calme de l'école qu'ils connaissaient, ils ont travaillé



tour à tour avec chacun des expérimentateurs. Les épreuves ont été proposées selon un ordre aléatoire. Pour les épreuves passées collectivement, les trois expérimentateurs se sont rendus dans la classe et tous les enfants ayant une autorisation parentale (*cf.* Annexe E) ont passé les épreuves, pendant que les autres ont réalisé un travail que l'enseignant leur avait fourni. Nous avons donc été quatre adultes (l'enseignant et les trois expérimentateurs) à encadrer les passations en groupe.

## **V. Cotation des données**

Seuls le BHK et le test de Bender-Santucci font appel à la subjectivité du correcteur, c'est pourquoi nous avons vérifié que la cotation n'est pas influencée par le mode de correction pour ces deux épreuves.

### **A. Le BHK**

Le BHK a été coté par deux psychomotriciennes, la première a coté 83 textes et la seconde 99. Un double codage a été réalisé par la seconde psychomotricienne sur 10 textes (soit 12% des textes de la première psychomotricienne). La corrélation intercorrecteur est de  $r(N=182) = .83$  (corrélations de Pearson,  $p < .001$ ). Le manuel du BHK fait état de corrélations intercorrecteurs se situant entre .68 et .90, la corrélation intercorrecteur de cette recherche est donc élevée.

## B. Le test de Bender-Santucci

Le test de Bender-Santucci a été corrigé par une seule personne qui est à la fois psychologue et psychomotricienne. La figure 1 a d'abord été cotée pour l'ensemble des participants, puis la figure 2, *etc.* Les figures ont été cotées une par une, classe par classe. Les classes ont été prises dans un ordre aléatoire, différent pour chaque figure. Pour vérifier qu'il n'y avait pas d'effet d'ordre de la cotation, nous avons réalisé une ANOVA de Kruskal-Wallis par niveau scolaire :

- ◆ les trois classes de CE2 ne présentent pas de différences entre elles  
( $H(2, N=62)=0,61$ , n.s.),
- ◆ les trois classes de CM1 ne présentent pas de différences entre elles  
( $H(2, N=49)=1,04$ , n.s.),
- ◆ les trois classes de CM2 ne présentent pas de différences entre elles  
( $H(2, N=62)=3,21$ , n.s.).

Ces résultats indiquent que l'ordre de cotation ne semble pas avoir d'effet sur le score au test de Bender-Santucci.

## RESULTATS

L'étude statistique de cette recherche se décompose en cinq parties. Chaque partie correspond à l'un des objectifs de cette étude. Rappelons que la première partie (Objectif n°1) établit les facteurs des variables prédictives de l'écriture, afin de tester la manière dont les variables psychomotrices, cognitives et conatives vont se regrouper. La deuxième partie (Objectif n°2) teste l'hypothèse de la plurifactorialité de l'écriture mesurée par le BHK. La troisième partie (Objectif n°3) décrit les données en recherchant l'influence des variables prédictives invoquées que sont le sexe, l'âge et la latéralité des participants sur l'écriture, la posture d'écriture et les variables prédictives. De plus, l'influence de la posture d'écriture sur l'écriture est observée. La quatrième partie (Objectif n°4) montre l'influence des variables prédictives sur le BHK (la vitesse et chacun des 13 items, la note globale et les facteurs que nous obtenons). Dans la cinquième et dernière partie (Objectif n°5), nous proposons des profils de scripteurs et nous montrons comment les variables prédictives influencent différemment les participants en fonction de leur appartenance à un profil.

Des tests de Shapiro-Wilk ont été réalisés pour tester la normalité de chacune des variables : seuls la vitesse d'écriture, la compréhension verbale et les symboles présentent une distribution normale. C'est pourquoi, dans la suite de notre exposé, nous utiliserons des tests non paramétriques qui s'appliquent quelle que soit la distribution des variables. Nous présenterons ci-après uniquement les résultats significatifs afin de clarifier la lecture des résultats.

## I. Analyse factorielle des variables prédictives

L'objectif n°1 est de rechercher dans un panel d'items mesurant des processus psychomoteurs, cognitifs et conatifs (étudiés de façon isolée dans les études antérieures) des processus communs qui seraient prédictifs du développement de l'écriture (variables prédictives).

Nous avons réalisé une analyse factorielle à partir des variables prédictives, afin de tester la manière dont les variables vont se regrouper. En effet, nous avons vu précédemment que nombre de ces variables peuvent appartenir à plusieurs processus sous-jacents (psychomoteurs, cognitifs ou conatifs) simultanément, car ils sont intriqués.

Nous avons utilisé, comme méthode d'extraction, une analyse en composantes principales avec une rotation varimax et une normalisation de Kaiser. Nous avons ensuite réalisé le test de sphéricité de Bartlett et la « *Measure of Sampling Adequacy* », aussi appelée Indice KMO (Kaiser-Meyer-Olkin). L'Indice KMO = .69 est donc supérieur à .50, ce qui représente une solution factorielle acceptable. Le test de sphéricité de Bartlett ( $\chi^2(300, N=182)= 1325,36, p<.001$ ) confirme, quant à lui, la possibilité de réaliser une analyse factorielle sur ces données.

La figure 2 permet de déterminer le nombre de facteurs à rechercher. Sept composants ont une valeur propre supérieure à 1 ; c'est pourquoi l'analyse factorielle que nous proposons (cf. Tableau 3) présente sept facteurs. Nous avons retenu la répartition qui proposait la saturation la plus élevée dans chaque facteur.

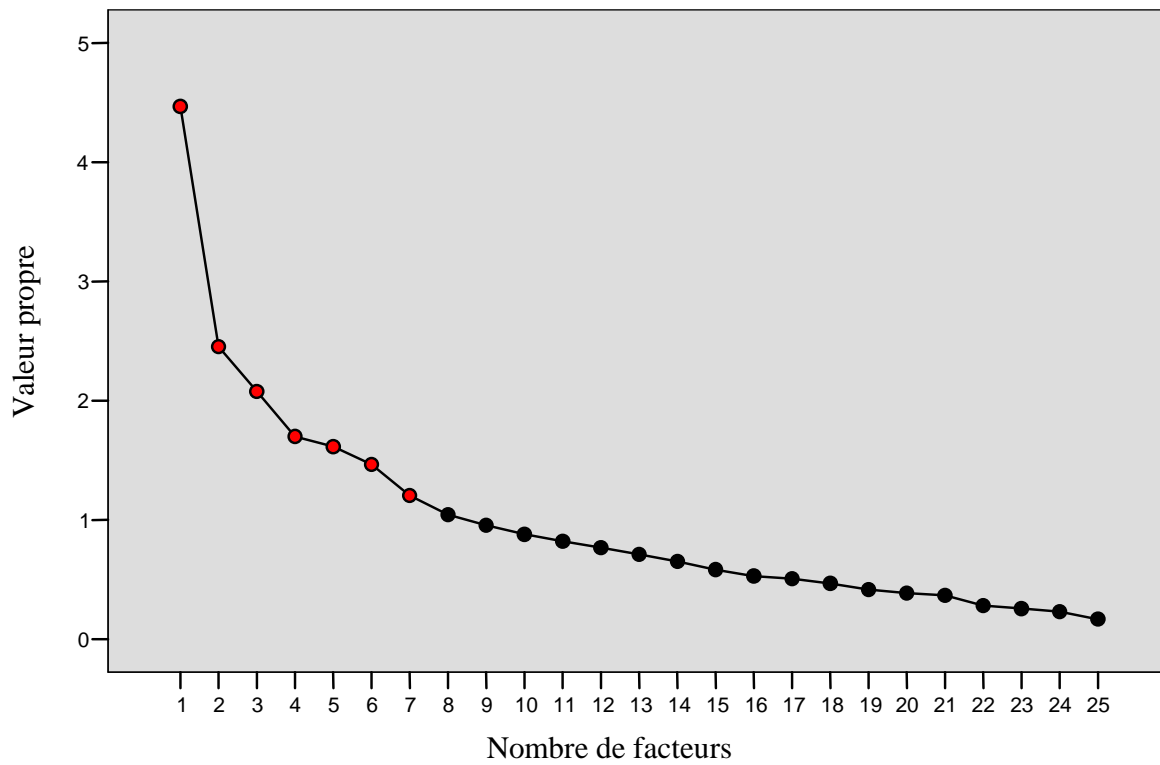


Figure 2 : Graphique des valeurs propres pour l'analyse factorielle des variables prédictives

Tableau 4 : Analyse factorielle en composante principale des données prédictives

	Facteur 1	Facteur 2	Facteur 3	Facteur 4	Facteur 5	Facteur 6	Facteur 7
Mémoire des chiffres en ordre direct	<b>0,70</b>	-0,13	-0,03	0,14	0,24	0,12	0,08
Mémoire des chiffres en ordre inverse	<b>0,71</b>	0,08	0,05	-0,09	0,09	0,03	-0,07
Structures rythmiques	<b>0,70</b>	0,13	-0,03	-0,01	-0,05	0,30	0,09
Cubes	<b>0,59</b>	0,25	0,05	-0,20	-0,13	0,06	-0,05
Compréhension verbale	<b>0,42</b>	0,13	0,23	0,02	0,01	-0,18	0,24
Mouvements de main	<b>0,54</b>	0,15	0,32	-0,08	-0,16	0,13	-0,09
Test de Bender-Santucci	<b>0,52</b>	0,29	0,00	-0,05	-0,09	-0,18	-0,02
<i>Tapping</i> séquentiel : main dominante	-0,14	<b>-0,73</b>	0,12	0,10	-0,03	-0,37	0,00
<i>Tapping</i> séquentiel : main non dominante	-0,13	<b>-0,75</b>	0,06	0,03	-0,10	-0,36	0,02
Effizienz motrice : main dominante	-0,02	<b>0,67</b>	0,13	-0,20	0,00	-0,07	0,04
Effizienz motrice : main non dominante	0,12	<b>0,58</b>	0,20	-0,28	0,04	-0,05	0,16
Symboles	0,20	<b>0,60</b>	0,01	-0,13	-0,18	-0,02	0,06
Equilibre	0,11	<b>0,50</b>	0,09	0,12	0,17	-0,09	-0,03
SPP : valeur propre	0,17	-0,07	<b>0,80</b>	0,02	0,09	0,11	-0,03
SPP : compétences scolaires	0,26	0,18	<b>0,79</b>	0,21	-0,01	0,05	-0,05
SPP: compétences physiques	-0,15	0,09	<b>0,78</b>	-0,04	0,03	-0,02	0,08
<i>Tapping</i> simple : main dominante	-0,14	-0,18	0,03	<b>0,87</b>	-0,06	-0,02	0,01
<i>Tapping</i> simple : main non dominante	-0,01	-0,17	0,11	<b>0,85</b>	-0,08	-0,16	0,02
Syncinésies : action du membre dominant	0,04	0,06	-0,02	-0,12	<b>0,86</b>	0,01	-0,04
Syncinésies : action du membre non dominant	-0,05	0,03	0,13	0,00	<b>0,87</b>	0,03	0,11
Gnosies digitales : membre dominant	-0,03	0,07	-0,02	-0,08	0,05	<b>0,80</b>	0,08
Gnosies digitales : membre non dominant	0,13	0,08	0,16	-0,10	0,03	<b>0,67</b>	-0,02
Orientation spatiale	0,30	-0,09	0,02	0,12	-0,26	<b>0,37</b>	-0,09
Régulation tonique du membre dominant	-0,05	0,07	-0,01	-0,06	0,06	-0,10	<b>0,87</b>
Régulation tonique du membre non dominant	0,06	0,03	0,01	0,08	0,02	0,14	<b>0,86</b>
Variance expliquée (%)	11,78	11,36	8,66	7,28	7,15	7,07	6,63

Le facteur 1 comprend le rythme, la mémoire des chiffres en ordre direct et inverse, les cubes, les mouvements de main, le test de Bender-Santucci et la compréhension verbale. Ce facteur fait appel à la mémoire, à l'attention, à la conceptualisation, à la compréhension et la production verbale et à des praxies complexes en lien avec des compétences visuo-spatiales, nous appellerons donc ce facteur : **représentation mentale**.

Le facteur 2 comprend le *tapping* séquentiel, les symboles, l'efficacité motrice et l'équilibre. Ces épreuves font intervenir le déliement digital, la dextérité manuelle et l'équilibre qui nécessitent tous un soutien de la vision pour être réalisées, nous appellerons donc ce facteur : **compétences visuo-motrices**.

Le facteur 3 comprend les trois échelles d'estime de soi (compétences physiques, compétences scolaires et valeur propre). Nous nommerons donc ce facteur : **estime de soi**.

Le facteur 4 comprend le *tapping* simple. Nous le nommerons : **coordinations digitales**.

Le facteur 5 comprend les syncinésies, nous le nommerons : **maturation neurologique**.

Le facteur 6 comprend les gnosies digitales et l'orientation spatiale, ces épreuves font appel à la connaissance topologique et à la représentation que l'enfant a de son propre corps, nous le nommerons donc : **schéma corporel**.

Le facteur 7 comprend la régulation tonique, nous le nommerons : **régulation tonique**.

Les différents processus mesurés psychomoteurs, cognitifs et conatifs se répartissent en sept facteurs que nous avons nommés : représentation mentale, compétences visuo-motrices, estime de soi, coordinations digitales, maturation neurologique, schéma corporel et régulation tonique. Ces sept facteurs permettent d'étudier la répartition des variables prédictives de l'écriture des enfants entre les processus sous-jacents mesurés : psychomoteurs, cognitifs et conatifs (1<sup>er</sup> objectif). Nous les appellerons « variables prédictives » dans la mesure où nous faisons l'hypothèse qu'elles prédisent la qualité de l'écriture.

## **II. La plurifactorialité de l'écriture**

L'objectif n°2 est de déterminer, pour une population française, la plurifactorialité de l'écriture sur un test traduit et étalonné sur une population d'enfants français (le BHK). Le terme de plurifactorialité renvoie à l'idée que l'écriture est un processus composite.

La majorité des études présentées précédemment utilise la note globale des tests d'écriture pour les analyses statistiques, ce qui implique que l'écriture est considérée comme un processus global. Nous prenons la position de Mojet (*op. cit.*) qui étudie l'écriture comme un processus plurifactoriel. C'est pourquoi nous avons réalisé une analyse factorielle en composantes principales avec une rotation varimax, afin de faire apparaître les différentes composantes de l'écriture à partir des résultats obtenus au BHK. La vitesse utilisant un type d'échelle différent, seuls les 13 items du BHK ont été utilisés pour réaliser cette factorisation.



## A. Choix de la méthode d'analyse

Afin de vérifier s'il est possible de factoriser les items du BHK, nous avons réalisé le test de sphéricité de Bartlett et la « *Measure of Sampling Adequacy* », aussi appelée Indice KMO (Kaiser-Meyer-Olkin). L'Indice KMO = .61 est supérieur à .50, ce qui représente une solution factorielle acceptable. Le test de sphéricité de Bartlett ( $\chi^2(78, N=182)= 202.50, p<.001$ ) confirme la possibilité de réaliser une analyse factorielle sur ces données. La matrice de corrélations (*rho* de Spearman) réalisée à partir des résultats obtenus au BHK par les participants aux 13 items indique que seuls les items « écriture grande » et « hauteur relative des lettres troncs » sont corrélés à plus de .30, c'est-à-dire  $r(N=182)=.37 (p<.001)$ . Selon Nunnally et Bernstein (1994), quand les corrélations sont inférieures à .30, il est préféré une rotation orthogonale. Nous avons donc utilisé une méthode d'extraction d'analyse en composantes principales (ACP) avec une rotation varimax avec normalisation de Kaiser.

La figure 3 permet de déterminer le nombre de facteurs à rechercher. Quatre composants ont une valeur propre supérieure à 1, c'est pourquoi l'analyse factorielle que nous proposons (cf. Tableau 5) présente quatre facteurs.

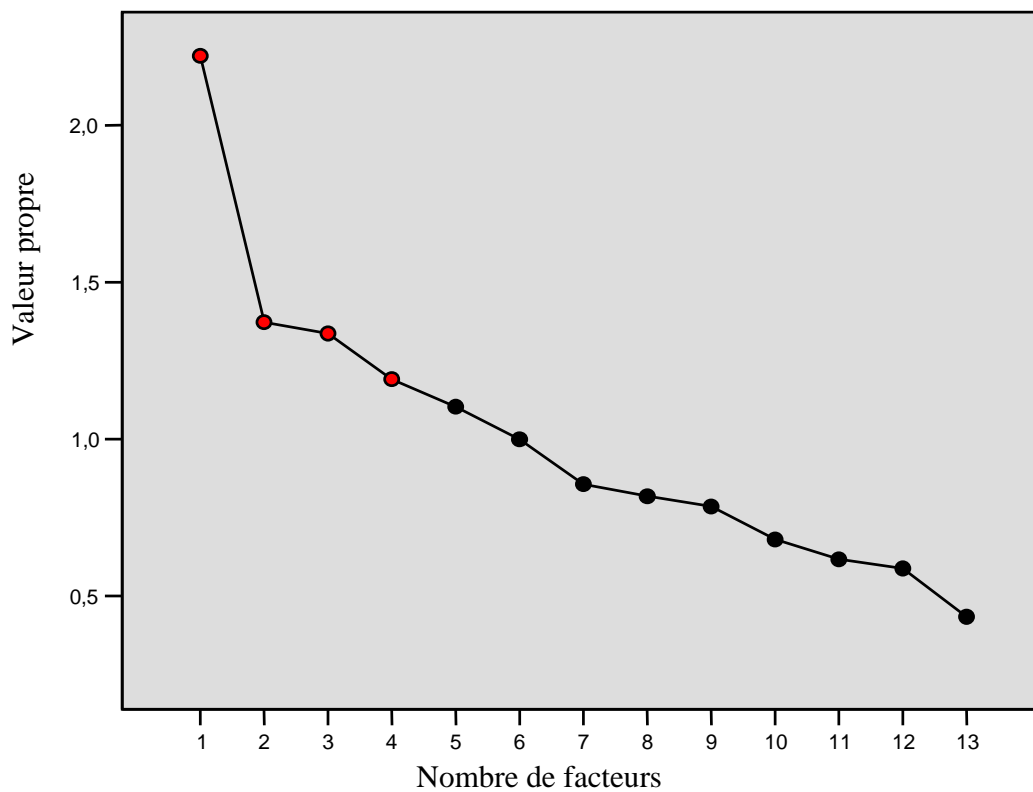


Figure 3 : Graphique des valeurs propres pour l'analyse factorielle des items du BHK

### B. L'analyse factorielle des 13 items du BHK

Nous avons retenu la répartition qui proposait la saturation la plus élevée dans chaque facteur. Les résultats de l'analyse factorielle, avec rotation varimax, sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Analyse factorielle en composante principale des items du BHK

	Facteur 1	Facteur 2	Facteur 3	Facteur 4
Hésitations et tremblements	<b>0,75</b>	-0,09	-0,07	0,00
Ecriture grande	<b>0,60</b>	0,38	0,24	-0,10
Ecriture chaotique	<b>0,59</b>	0,06	-0,01	0,39
Formes des lettres ambiguës	-0,18	<b>0,69</b>	0,06	-0,05
Variations de la hauteur des lettres troncs	0,44	<b>0,66</b>	0,11	0,06
Distorsion des lettres	0,09	<b>0,53</b>	-0,01	0,01
Mots serrés	0,30	-0,08	<b>0,66</b>	0,01
Hauteur relative des lettres	0,00	0,17	<b>0,65</b>	-0,07
Télescopages entre les lettres	-0,19	0,04	<b>0,64</b>	0,20
Lignes non planes	-0,11	0,36	0,14	<b>0,57</b>
Retouche des lettres	0,10	-0,11	0,27	<b>0,56</b>
Inclinaison de la marge	-0,04	0,10	-0,22	<b>0,56</b>
Liens entre les lettres	-0,12	0,17	-0,02	<b>-0,47</b>
Variance expliquée (%)	12,86	12,01	11,50	10,72

Cette analyse factorielle fait donc apparaître quatre facteurs que nous allons analyser :

Le facteur 1 comprend les items : Hésitations et tremblements, Ecriture grande et Ecriture chaotique. Nous le nommerons : **Réalisation motrice des lettres**. Ces items étudient la taille de l'écriture (nous savons que plus l'enfant rencontre de difficultés dans la réalisation motrice de l'écriture, plus l'écriture s'agrandit) et les difficultés de réalisation des lettres.

Le facteur 2 comprend les items : Formes ambiguës des lettres, Variations dans la hauteur des lettres troncs et Distorsion des lettres. Nous le nommerons : **Formes et constance des lettres**. En effet, ces 3 items concernent la forme des lettres par rapport à la norme attendue, mais aussi la régularité de la taille des lettres troncs.

Le facteur 3 comprend les items : Mots serrés, Hauteur relative des lettres et Télescopages entre les lettres. Nous le nommerons : **Organisation spatiale des lettres dans le mot**. Ces items mettent en évidence la manière d'agencer spatialement les lettres dans un mot ou dans une succession de mots, mais aussi le contrôle moteur nécessaire à une constance spatiale de l'écriture : inclinaison des lettres, espacement des lettres dans un mot et des mots sur une ligne.

Le facteur 4 comprend les items : Lignes non planes, Retouches des lettres, Inclinaison de la marge et Liens entre les lettres. Nous le nommerons : **Organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille**. Les deux premiers items et en partie le troisième s'intéressent à l'agencement des lignes d'écriture les unes par rapport aux autres, mais aussi des lettres les unes par rapport aux autres. Le troisième et le quatrième items portent davantage sur la réalisation motrice des traits continus.

L'analyse effectuée sur les 13 items du BHK fait apparaître quatre facteurs qualitatifs :

- ◆ Réalisation motrice des lettres (facteur 1),
- ◆ Formes et constance des lettres (facteur 2),
- ◆ Organisation spatiale des lettres dans le mot (facteur 3),
- ◆ Organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille (facteur 4).

Comme l'avaient démontré Mojet (1991) et Peebles *et al.* (1991) sur d'autres tests de l'écriture, l'écriture est bien un processus plurifactoriel. Par conséquent, il est nécessaire pour évaluer le niveau d'écriture de l'enfant de prendre en compte les facteurs explicatifs de sa note globale comme un mesure de QI au WISC, par exemple.

### **III. Influence du sexe, de l'âge, de la latéralité et de la posture d'écriture sur le BHK et les variables prédictives**

L'objectif n°3 est de décrire l'influence du sexe, de l'âge et de la latéralité sur les variables prédictives de l'écriture, sur l'écriture (la vitesse et la qualité mesurées par le BHK) et sur la posture d'écriture. Nous décrivons également l'influence de la posture d'écriture sur l'écriture. Le but est de vérifier que les influences constatées par les études antérieures apparaissent avec le BHK.

De nombreuses études (Hamstra-Bletz & Blöte, 1990 ; Vlachos & Bonoti, 2006 ; Weintraub & Graham, 2000) ont trouvé des différences intersexes dans l'écriture. Nous allons donc vérifier que le BHK, sur la tranche d'âge que nous étudions, fait apparaître ces différences. Nous allons vérifier l'effet du sexe sur les variables prédictives.

#### **A. Influence du sexe**

##### **1. Effet du sexe sur le BHK**

Le tableau 6 présente les moyennes et les écarts-types en fonction du sexe pour chacun des items du BHK, pour la note globale au BHK, pour la vitesse d'écriture et pour les quatre facteurs du BHK.

Le test de Mann Whitney indique qu'il existe une différence intersexe pour les quatre facteurs obtenus lors de l'ACP sur les 13 items du BHK, et pour les items « lignes non planes », « écriture chaotique » et « liens ». Les filles ont de meilleurs résultats que les garçons, sauf pour l'item « liens ». Pour s'assurer que ces différences ne sont pas liées à un petit nombre d'enfants

ayant des résultats plus élevés ou plus faibles que la moyenne, nous avons réalisé des boîtes à moustaches pour ces quatre facteurs

Tableau 6 : Comparaison intersexe sur les 13 items, la vitesse d'écriture et les facteurs du BHK

		Ensemble du groupe		Garçons		Filles		Mann Whitney		
		N	M (e.t.)	N	M (e.t.)	N	M (e.t.)	<i>U</i>	<i>Z</i>	<i>p</i>
Items du BHK	Ecriture grande	181	0,73 (0,83)	91	0,77 (0,82)	90	0,70 (0,85)	3858,50	-0,73	n.s.
	Inclinaison de la marge	181	0,14 (0,38)	91	0,18 (0,41)	90	0,10 (0,34)	3787,50	-1,51	n.s.
	Lignes non planes	181	4,12 (1,09)	91	4,29 (1,08)	90	3,94 (1,08)	3193,50	-2,75	<.01
	Mots serrés	181	1,17 (1,57)	91	1,43 (1,75)	90	0,91 (1,33)	3498,00	-1,84	n.s.
	Ecriture chaotique	181	0,43 (0,86)	91	0,56 (0,91)	90	0,29 (0,79)	3312,50	-2,82	<.005
	Liens entre les lettres	181	2,83 (1,74)	91	2,31 (1,58)	90	3,36 (1,74)	2605,00	-4,30	<.001
	Télescopages entre les lettres	181	0,33 (0,66)	91	0,35 (0,72)	90	0,30 (0,59)	4068,00	-0,10	n.s.
	Hauteur des lettres troncs	181	0,96 (1,38)	91	1,18 (1,46)	90	0,74 (1,27)	3372,00	-2,31	n.s.
	Hauteur relative des lettres	181	0,16 (0,47)	91	0,20 (0,54)	90	0,12 (0,40)	3838,00	-1,23	n.s.
	Distorsion	181	0,99 (1,12)	91	1,13 (1,21)	90	0,86 (1,02)	3594,50	-1,48	n.s.
	Formes de lettres ambiguës	181	1,13 (1,17)	91	1,26 (1,24)	90	0,99 (1,10)	3598,50	-1,48	n.s.
	Retouches des lettres	181	0,39 (0,64)	91	0,48 (0,71)	90	0,29 (0,55)	3556,00	-1,90	n.s.
	Hésitations et tremblements	181	0,11 (0,43)	91	0,14 (0,51)	90	0,08 (0,35)	3879,00	-1,28	n.s.
	BHK: note globale	181	13,41 (4,98)	91	14,11 (5,41)	90	12,54 (4,61)	3468,50	-1,90	n.s.
	Vitesse d'écriture	180	245,69 (71,55)	91	238,90 (73,77)	89	252,7 (68,92)	3700,50	-1,00	n.s.
Facteurs du BHK	Réalisation motrice des lettres	182	1,26* (1,50)	92	1,46* (1,63)	90	1,07* (-1,33)	3404,00	-2,17	<.03
	Formes et constance des lettres	182	3,07* (2,52)	92	3,53* (2,59)	90	2,59* (2,37)	3179,50	-2,73	<.02
	Organisation spatiale dans le mot	182	1,65* (1,99)	92	1,96* (2,15)	90	1,33* (1,76)	3396,50	-2,18	<.03
	Organisation spatiale dans la feuille	182	7,43* (2,18)	92	4,89* (1,54)	90	4,33* (1,33)	2999,50	-3,31	<.001

\*m= somme des scores moyens des items qui composent le facteur

## Formes et constance des lettres

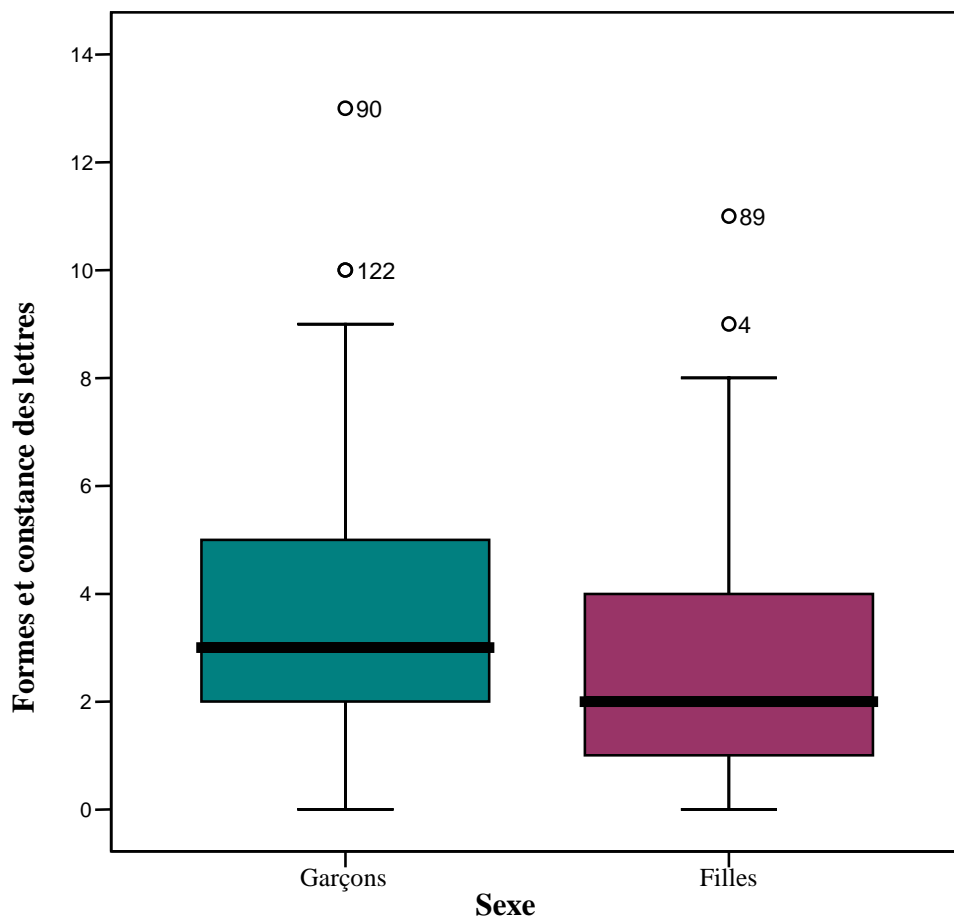


Figure 4 : Médiane et valeurs adjacentes du facteur « formes et constance des lettres » en fonction du sexe

Comme nous pouvons le voir sur la figure 4, quatre participants se situent au-delà des valeurs adjacentes, ils sont donc des valeurs extrêmes. Nous avons donc réalisé un test de Mann Whitney en excluant les scores de ces quatre participants :  $U = 2986$ ,  $z = -2,86$  et  $p < .005$ . Ce test

confirme la différence intersexe pour le facteur « formes et constance des lettres », même en l'absence des enfants situés à plus d'un écart-type de la moyenne.

### Réalisation motrice des lettres

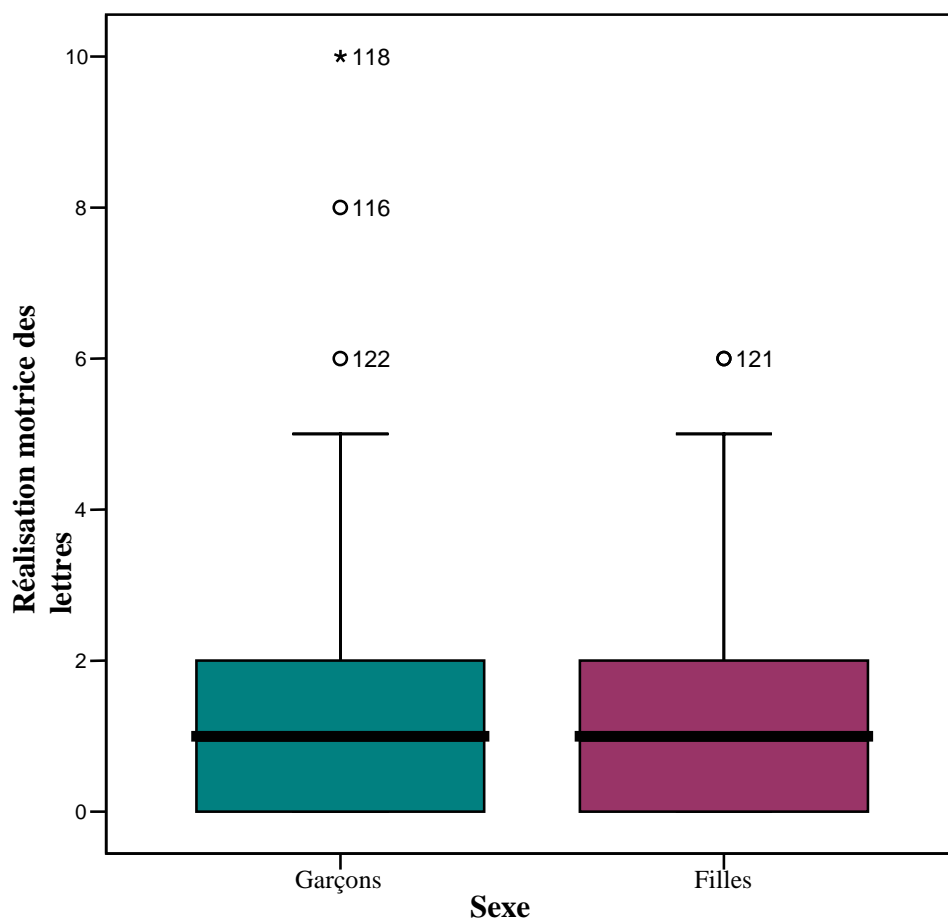


Figure 5 : Médiane et valeurs adjacentes du facteur « réalisation motrice des lettres » en fonction du sexe

Comme nous pouvons le voir sur la figure 5, quatre participants se situent au-delà des valeurs adjacentes, ils sont donc des valeurs extrêmes. Nous avons donc réalisé un test de Mann



Whitney en excluant les scores de ces quatre participants :  $U= 3314,00$ ,  $z=-1,98$  et  $p<.05$ . Ce test confirme la différence intersexe pour le facteur « réalisation motrice des lettres », même en l'absence des enfants situés à plus d'un écart-type de la moyenne.

### Organisation spatiale des lettres dans le mot

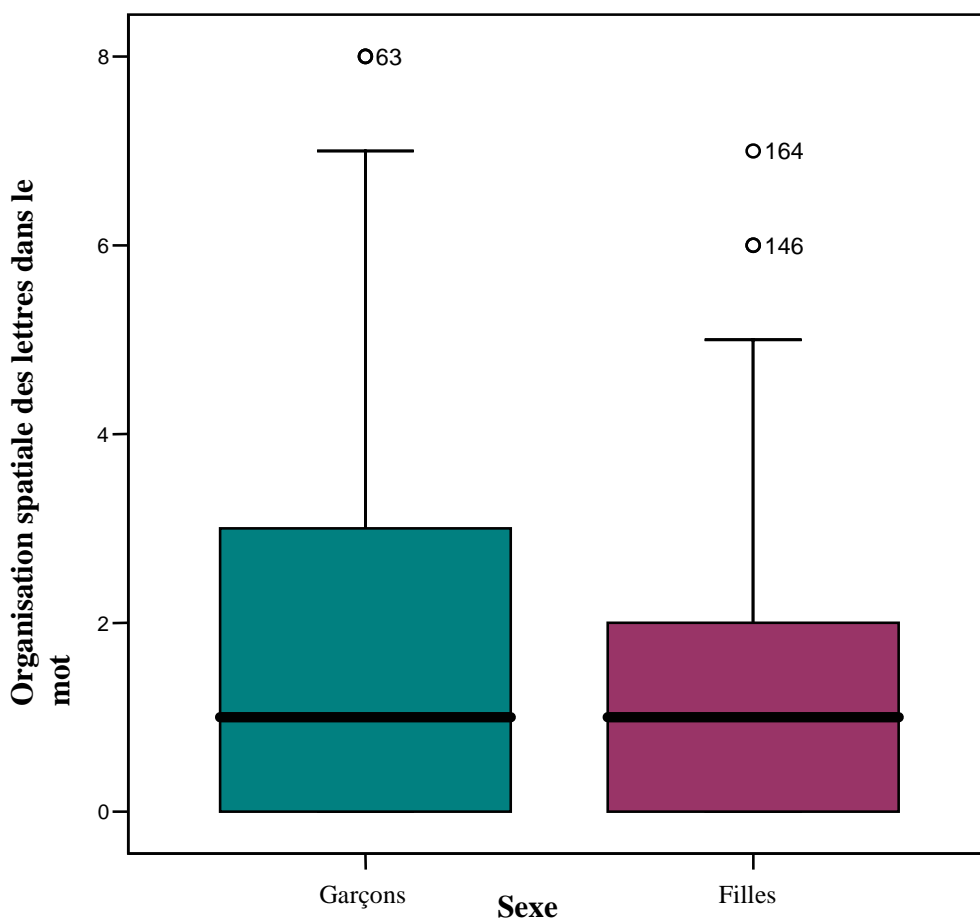


Figure 6 : Médiane et valeurs adjacentes du facteur « organisation spatiale des lettres dans le mot » en fonction du sexe

Comme nous pouvons le voir sur la figure 6, trois participants se situent au-delà des valeurs adjacentes, ils sont donc des valeurs extrêmes. Nous avons donc réalisé un test de Mann

Whitney en excluant le scores de ces trois participants :  $U= 3222,00$ ,  $z=-2,35$  et  $p<.02$ . Ce test confirme la différence intersexe pour le facteur « organisation spatiale des lettres dans le mot », même en l'absence des enfants situés à plus d'un écart-type de la moyenne.

### Organisation spatiale dans la feuille

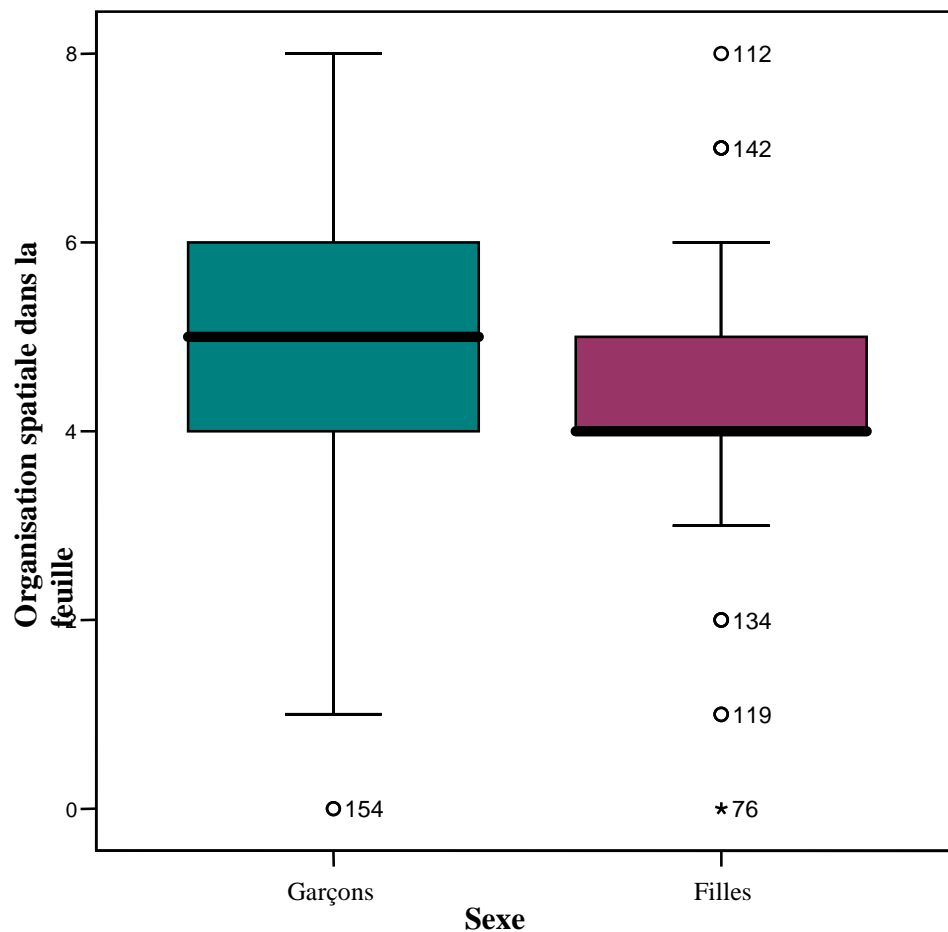


Figure 7 : Médiane et valeurs adjacentes du facteur « organisation spatiale dans la feuille » en fonction du sexe

Comme nous pouvons le voir sur la figure 7, six participants se situent au-delà des valeurs adjacentes, ils sont donc des valeurs extrêmes. Nous avons donc réalisé un test de Mann Whitney en excluant les scores de ces six participants :  $U= 2813,50$ ,  $z=-3,33$  et  $p<.001$ . Ce test confirme la différence intersexe pour le facteur « organisation spatiale dans la feuille », même en l'absence des enfants situés à plus d'un écart-type de la moyenne.

Les garçons et les filles ont des résultats qui diffèrent significativement pour les quatre facteurs obtenus précédemment à savoir « formes et constance des lettres », « réalisation motrice des lettres », « organisation spatiale des lettres dans le mot » et « organisation spatiale dans la feuille ». En revanche, il ne diffère pas pour la note globale du BHK ou la vitesse d'écriture.

Afin de déterminer si l'effet du sexe est lié à l'âge, nous avons recherché des différences entre les sexes en fonction de quatre groupes d'âge (8 ans, 9 ans, 10 ans et 11 ans) sur la note globale au BHK, la vitesse d'écriture et les quatre facteurs du BHK, grâce à un test de Mann Whitney. Il n'y a aucune différence intersexe, quel que soit l'âge, pour la note globale au BHK et pour la vitesse d'écriture. En ce qui concerne les quatre facteurs, aucune différence intersexe n'apparaît pour les quatre facteurs chez les enfants de 8 ans. Les facteurs « réalisation motrice des lettres » et « formes et constance des lettres » ne présentent pas de différence entre les sexes, quel que soit l'âge. En revanche, nous observons une différence significative pour le facteur « organisation des lettres dans le mot » pour les enfants de 9 ans (19 filles :  $M=1,48$  (1,78), 27 garçons :  $M=2,84$  (2,12),  $U= 150,00$ ,  $z= -2,43$ ,  $p<.02$ ) et pour ceux de plus de 11 ans (10 filles :  $M=0,80$  (1,48), 7 garçons :  $M=1,71$  (1,25),  $U= 14,5$ ,  $z= -2,13$ ,  $p<.05$ ) en faveur des filles aux deux âges. Ces différences significatives sont présentées sur la figure 8.

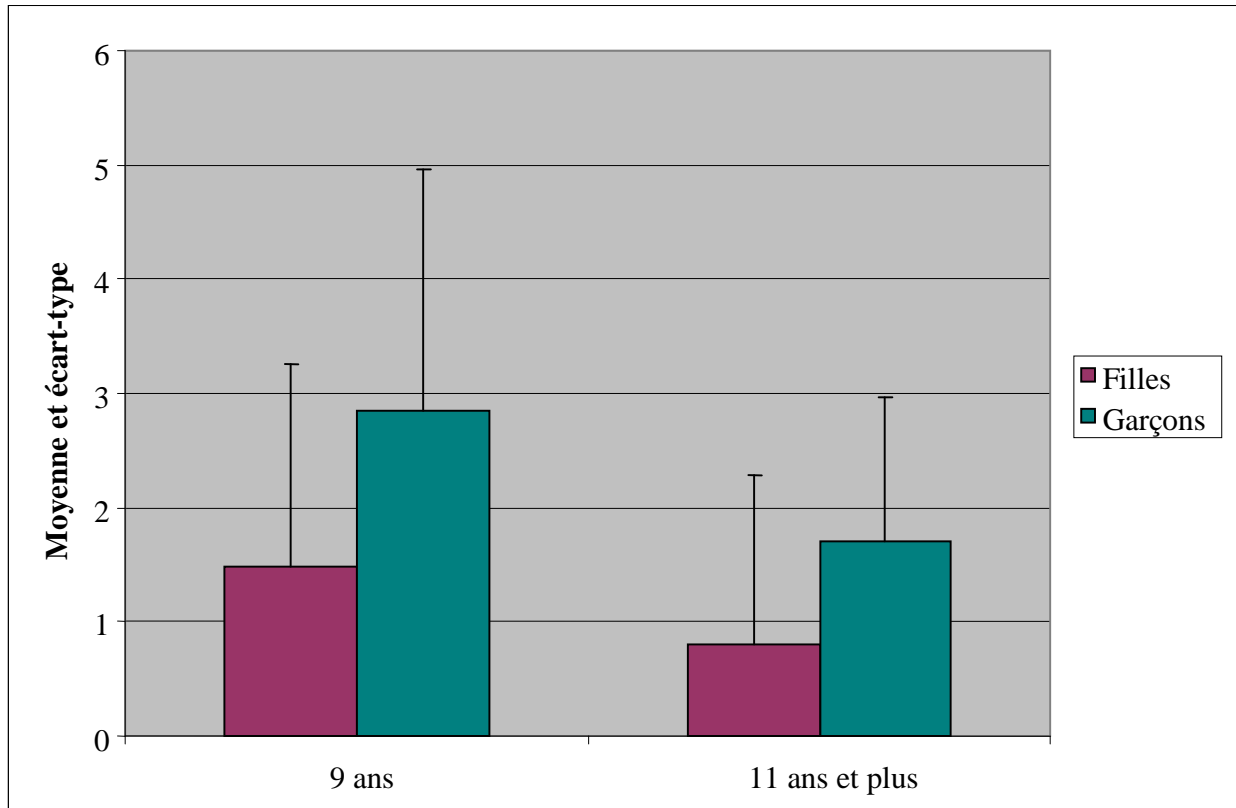


Figure 8 : Moyenne et écart-type des filles et garçons de 9 ans et 11 ans et plus au facteur « organisation des lettres dans le mot »

Le facteur « organisation spatiale de l'écriture dans la feuille » présente une différence entre filles et garçons pour les enfants à 10 ans (29 filles :  $M=4,03$  (1,43), 36 garçons :  $M=4,64$  (1,62),  $U= 369$ ,  $z= 2,11$ ,  $p<.05$ ) toujours en faveur des filles. Ces différences significatives sont présentées sur la figure 9.

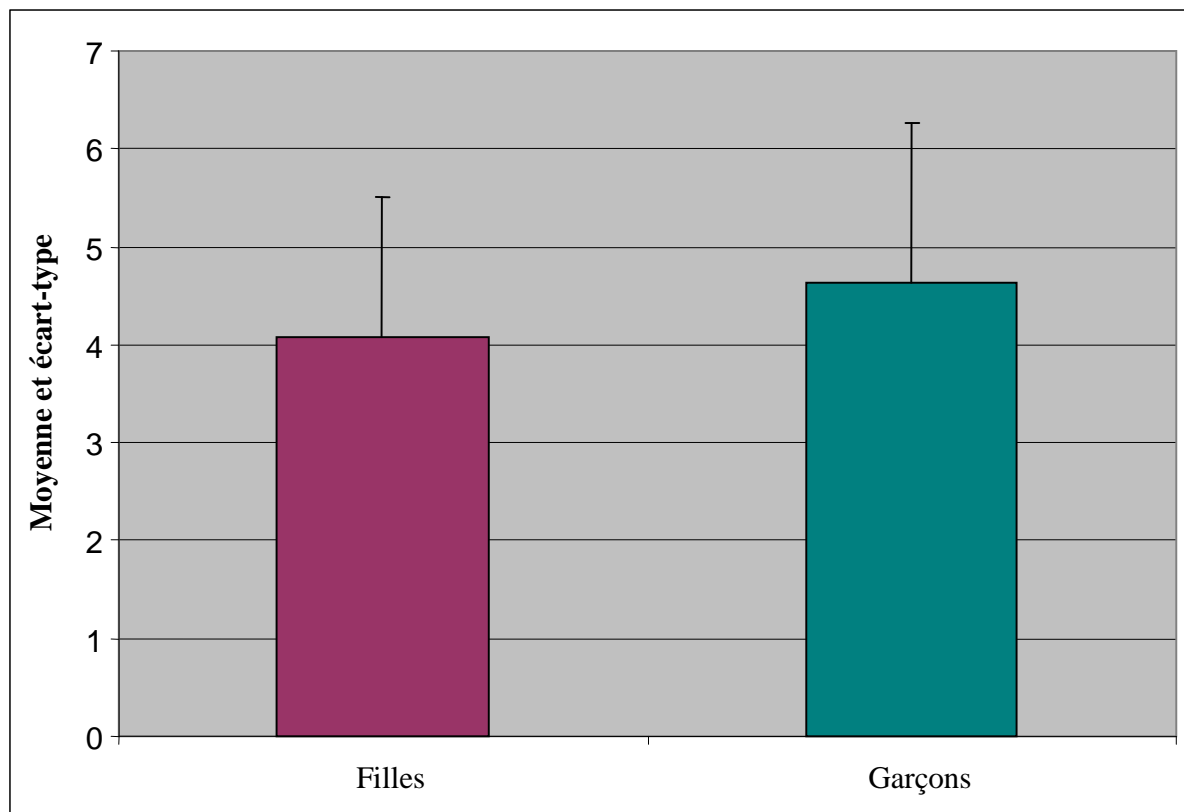


Figure 9 : Moyenne et écart-type des filles et garçons de 10 ans au facteur « organisation spatiale de l'écriture dans la feuille »

Le score global et la vitesse d'écriture au BHK ne sont pas influencés par le sexe des participants. Seuls trois items « lignes non planes », « écriture chaotique » et « liens » du BHK présentent des différences significatives. Lorsque les comparaisons sont effectuées sur les quatre facteurs du BHK, des différences apparaissent. Toutefois, les différences entre les filles et les garçons ne sont pas stables dans le temps. En effet, à 8 ans, il n'apparaît aucune différence. A 9, 10 et 11 ans et plus, les facteurs « réalisation motrice des lettres » et « formes et constance des lettres » ne présentent pas de différence entre les garçons et les filles. En revanche, à 9 ans et à 11 ans et plus, le facteur « organisation spatiale des lettres dans le mot » et à 10 ans, le facteur « organisation spatiale dans la feuille » subissent l'influence du sexe en faveur des filles. Le sexe intervient donc différemment en fonction de l'âge et des facteurs de l'écriture. Cette recherche utilise une approche différentielle dans le développement, c'est pourquoi nous avons regroupé les garçons et les filles dans la suite du traitement statistique.

## 2. Effet du sexe sur la posture d'écriture

Nous avons réalisé des tests exacts de Fisher afin de déterminer l'influence du sexe sur la posture : le bras d'appui, la position de la tête, du dos et des jambes, la tenue du crayon, l'adossement à la chaise, la stabilité de l'assise, la position de la feuille, de la main par rapport à la ligne, du bassin et le nombre de pieds au sol. Le bras d'appui, la position de la tête, du dos et des jambes, la tenue du crayon, l'adossement à la chaise, la stabilité de l'assise ou la douleur ne présentent pas de différence intersexe. Nous avons trouvé des différences entre les filles et les garçons pour la position de la feuille (*cf.* tableau 7), de la main par rapport à la ligne (*cf.* tableau 8), du bassin (*cf.* tableau 9) et le nombre de pieds au sol (*cf.* tableau 10).

Tableau 7 : Répartition des effectifs en fonction de la position de la feuille et du sexe

	Position de la feuille		
	Face à lui	Dans l'axe du bras	Perpendiculaire au bras
Garçons	65	25	2
Filles	19	70	1

Les garçons positionnent davantage la feuille face à eux, quand les filles la placent dans l'axe du bras (Khi-deux de Pearson :  $\chi^2(2, N=182)=46,82, p<.001$ ).

Tableau 8 : Répartition des effectifs en fonction de la position de la main et du sexe

	Position de la main par rapport à la ligne		
	en dessous	au-dessus	au niveau
Garçons	19	4	69
Filles	54	0	36

Les garçons positionnent davantage leur main au niveau de la ligne, quand les filles la placent en dessous de la ligne (Khi-deux de Pearson :  $\chi^2(2, N=182)=31,13, p<.001$ ).

Tableau 9 : Répartition des effectifs en fonction de la position du bassin et du sexe

	Position du bassin	
	en rétroversion	dans l'axe du dos
Garçons	15	77
Filles	5	85

Les garçons positionnent davantage leur bassin en rétroversion que les filles (Khi-deux de Pearson :  $\chi^2(1, N=182)=5,37, p<.05$ ).

Tableau 10 : Répartition des effectifs en fonction de nombre de pieds<sup>☆</sup> au sol et du sexe

	Nombre de pieds au sol		
	0	1	2
Garçons	15	42	35
Filles	29	29	32

Les filles n'ont pas de position préférentielle pour les pieds, quand les garçons ont davantage un seul pied au sol et plus rarement deux (Khi-deux de Pearson :  $\chi^2(2, N=182)=6,95, p<.05$ ).

Les filles adoptent une posture d'écriture plus académique que celle des garçons pour la position de la feuille (feuille dans l'axe du bras) et du bassin (bassin dans l'axe du dos). Les garçons croisent davantage leurs jambes que les filles. Les autres éléments posturaux ne présentent pas de différence.

<sup>☆</sup> Rappel : 0 pied au sol : les jambes sont trop courtes pour toucher le sol ; 1 pied au sol : les jambes sont croisées ; 2 pieds au sol : leurs deux pieds sont posés à plat sur le sol.



### 3. Effet du sexe sur les variables prédictives

Nous avons réalisé des tests Mann Whitney pour vérifier l'influence du sexe sur les variables prédictives. Les résultats de ces tests sont présentés dans le tableau 11. Nous trouvons deux différences entre les garçons et les filles, les filles ont de meilleurs résultats en coordination oculo-manuelle de la main dominante. Les garçons ont de meilleures performances en maturation neurologique (syncinésies) lors de l'action du membre dominant.

Tableau 11 : Comparaison intersexe pour les variables prédictives

		Ensemble du groupe		Garçons		Filles		Mann Whitney		
		N	M (e.t.)	N	M (e.t.)	N	M (e.t.)	U	Z	p
Compétences visuo-motrices	<i>Tapping</i> séquentiel : main dominante	180	33,7 (11,84)	91	33,7 (11,92)	89	33,7 (11,83)	4040,5	-0,03	n.s.
	<i>Tapping</i> séquentiel : main non dominante	181	32,84 (10,64)	91	32,55 (11,05)	89	33,13 (10,26)	3831,5	-0,74	n.s.
	Efficience motrice : main dominante	181	16,94 (2,15)	91	16,48 (2,18)	90	17,41 (2,02)	3064,5	-2,95	<.01
	Efficience motrice : main non dominante	181	15,04 (2,09)	91	14,96 (2,34)	90	15,13 (1,79)	3950	-0,42	n.s.
	Symboles	181	20,51 (5,77)	93	19,96 (5,87)	90	21,24 (5,68)	3450,5	-1,83	n.s.
	Equilibre	182	1,76 (0,52)	92	1,71 (0,6)	90	1,82 (0,41)	3887,5	-1,04	n.s.
Représentations mentales	Mémoire des chiffres en ordre direct	182	9,2 (2,22)	92	9,16 (2,3)	90	9,23 (2,14)	3962,5	-0,51	n.s.
	Mémoire des chiffres en ordre inverse	182	7,55 (1,71)	92	7,57 (1,76)	90	7,54 (1,67)	4084	-0,16	n.s.
	Structures rythmiques	181	21,97 (7,13)	92	22,42 (7,06)	89	21,49 (7,21)	3735	-1,02	n.s.
	Cubes	182	33,25 (10,48)	92	34,46 (10,56)	90	32,01 (10,32)	3590,5	-1,55	n.s.
	Compréhension verbale	182	16,32 (6,51)	92	16,09 (6,4)	90	16,57 (6,65)	3972	-0,47	n.s.
	Mouvements de main	182	16,97 (2,32)	92	17,2 (2,2)	90	16,73 (2,44)	3670	-1,33	n.s.
	Test de Bender-Santucci	181	51,72 (10,19)	92	50,82 (11,55)	90	52,07 (10,13)	3922,5	-0,61	n.s.
Estime de soi	SPP : compétences scolaires	181	14,86 (3,63)	92	14,74 (4,1)	90	14,81 (3,46)	3933	-0,59	n.s.
	SPP: compétences physiques	181	14,34 (3,85)	92	14,48 (4,08)	90	14,04 (3,89)	3781,5	-1,01	n.s.
	SPP : valeur propre	181	16,49 (3,59)	93	16,4 (4,00)	90	16,4 (3,56)	4080,5	-0,17	n.s.
Coordi- nations digitales	<i>Tapping</i> simple : main dominante	182	10,45 (1,65)	92	10,41 (1,78)	90	10,5 (1,52)	3832,5	-0,87	n.s.
	<i>Tapping</i> simple : main non dominante	182	11,5 (1,82)	92	11,34 (1,73)	90	11,66 (1,91)	3775	-1,03	n.s.
Matura- tion neurolo- gique	Syncinésies : action du membre dominant	182	3,91 (1,58)	91	3,69 (1,36)	89	4,13 (1,76)	3437	-1,79	n.s.
	Syncinésies : action du membre non dominant	182	3,99 (1,45)	91	3,77 (1,27)	89	4,21 (1,59)	3339,5	-2,09	<.05
Régulation tonique	Régulation tonique du membre dominant	182	2,53 (1,13)	92	2,61 (1,33)	90	2,46 (0,88)	3849	-0,99	n.s.
	Régulation tonique du membre non dominant	182	2,5 (0,9)	92	2,57 (0,86)	90	2,43 (0,94)	3807	-1,17	n.s.
Schéma corporel	Gnosies digitales : membre dominant	181	17,07 (1,26)	92	17,23 (0,94)	89	16,9 (1,52)	3848,5	-0,75	n.s.
	Gnosies digitales : membre non dominant	181	17,03 (1,12)	92	17,18 (1,04)	89	16,88 (1,18)	3476,5	-1,87	n.s.
	Orientation spatiale	182	12,46 (2,34)	92	12,38 (2,64)	90	12,53 (2,06)	4014,5	-0,38	n.s.

Seules deux des variables prédictives, l'efficiencia motrice de la main dominante et les syncinésies lors de l'action du membre dominant sont influencées par le sexe.

## B. Influence de l'âge

Nous avons choisi la tranche d'âge de 8-12 ans afin de déterminer le rôle des variables prédictives à la période du changement de stratégie (Meulenbroek & Van Galen, 1988 ; Zesiger, 1995). Les traitements statistiques (ANOVA de Kruskal-Wallis, test de Mann Whitney) vont permettre de déterminer si le BHK mesure ce changement de stratégie. Par ailleurs, nous voulons vérifier l'effet de l'âge sur les autres variables : la posture et les variables prédictives.

### 1. Effet de l'âge sur le BHK

Nous avons regroupé les enfants par classes d'âge : 8 ans, 9 ans, 10 ans et 11 ans (*cf.* tableau 12). Ce regroupement a pour objectif de nous permettre de repérer l'âge des changements de stratégie. Une ANOVA de Kruskal-Wallis indique qu'il n'existe pas de différence entre les groupes d'âge pour la note globale au BHK ( $H(3, N=182)=2,72$ , n.s.) et les facteurs « formes et constance des lettres » ( $H(3, N=182)=4,18$ , n.s.), « organisation spatiale des lettres dans le mot » ( $H(3, N=182)=4,31$ ) et « organisation spatiale dans la feuille » ( $H(3, N=182)=1,98$ , n.s.). Ce même test a permis de trouver, en revanche, des différences entre les groupes d'âge pour la vitesse d'écriture ( $H(3, N=180)=48,14$ ,  $p<.001$ ) et pour le facteur « réalisation motrice des lettres » ( $H(3, N=182)=10,58$ ,  $p<.02$ ). Nous avons utilisé des tests de Mann Whitney afin de voir entre quels groupes d'âge, les changements s'opèrent. Pour la vitesse, il apparaît des différences entre 8 et 9 ans ( $U=622,50$ ,  $z=-4,18$ ,  $p<.001$ ) puis entre 9 et 10 ans ( $U=1144,50$ ,  $z=-1,99$ ,  $p<.05$ ).

Il n'y a pas de différence significative entre 10 et 11 ans. La vitesse croît entre 8 et 10 ans de façon constante, l'augmentation ralentit ensuite. Pour le facteur « réalisation motrice des lettres », il apparaît des différences entre 8 et 10 ans ( $U=1174,00$ ,  $z=-3.25$ ,  $p<.001$ ). La qualité du facteur s'améliore entre 8 et 10 ans, cette amélioration est lente, car les scores des enfants de 9 ans ne présentent pas de différence avec les deux groupes qui le jouxtent (les enfants de 8 ans et 10 ans) (cf. tableau 12).

Tableau 12 : Moyenne et écart-type de la vitesse d'écriture et du facteur « réalisation motrice des lettres » par classe d'âge

	8 ans	9 ans	10 ans	11 ans
N	54	46	65	17
Vitesse	194 (57,06)	248,35 (69,82)	275 (60,70)	289,35 (64,10)
Réalisation motrice des lettres	1,48 (1,19)	1,61 (2,24)	0,85 (1,02)	1,24 (1,20)

Seuls deux critères de l'écriture subissent une influence de l'âge : la vitesse d'écriture et la « réalisation motrice des lettres ». Cette différence s'observe particulièrement entre les groupes d'âge de 8 et de 10 ans.

## 2. Effet de l'âge sur la posture d'écriture

Afin de vérifier si la posture d'écriture est influencée par l'âge, nous avons réalisé soit une ANOVA de Kruskal-Wallis, soit des tests de Mann Whitney.

Tableau 13 : Influence de l'âge sur le nombre de pieds au sol

	Nombre de pieds au sol			Kruskal-Wallis	
	0	1	2	<i>H</i>	<i>p</i>
N	44	71	67	H (2, N=182)=16,84	<.001
Age moyen	9;2 (0,82)	9;11 (0,88)	9;10 (1,07)		

Les enfants les plus âgés posent plus souvent leurs pieds à plat sur le sol que les plus jeunes (*cf.* tableau 13).

Tableau 14 : Influence de l'âge sur la position du dos par rapport au bureau

	Position du dos		Mann Whitney		
	penché sur le bureau	droit	<i>U</i>	<i>z</i>	<i>p</i>
N	85	96	3222,50	-2,44	<.05
Age moyen	9;11 (1,00)	9;7 (0,94)			

Les enfants qui gardent le dos droit pendant qu'ils écrivent sont plus jeunes que ceux qui se penchent sur le bureau (*cf.* tableau 14).

Seuls le nombre de pieds posés au sol et la position du dos par rapport au bureau changent avec l'âge, en se développant, les enfants adoptent une posture académique. Les autres éléments posturaux ne sont pas influencés par l'âge.

### 3. Effet de l'âge sur les variables prédictives

Les corrélations (*rho* de Spearman) entre l'âge et les variables prédictives sont présentées dans le tableau 15. Tous les tests des facteurs « compétences visuo-motrices » et « coordinations digitales » sont corrélés à l'âge. Pour le facteur « représentation mentale », seuls les tests cubes, mouvements de main, test de Bender-Santucci et compréhension verbale sont corrélés à l'âge. Enfin, dans l'ensemble des autres tests seules les gnosies digitales du membre non dominant sont corrélées à l'âge. Toutes ces compétences citées croissent avec l'augmentation de l'âge. Les variations des autres processus sous-jacents doivent être cherchées dans d'autres domaines de compétences de l'enfant. Certains de ces processus sous-jacents varient faiblement sur cette tranche d'âge (de 8 à 12 ans).

Tableau 15 : Corrélations (*rho* de Spearman) indiquant l'influence de l'âge sur les résultats aux variables prédictives de l'écriture

		<i>rho</i> de Spearman	
		Age	
		<i>r</i> (N=182)	<i>p</i>
Compétences visuo-motrices	<i>Tapping</i> séquentiel : main dominante	-0,49	<.001
	<i>Tapping</i> séquentiel : main non dominante	-0,39	<.001
	Efficiences motrice : main dominante	0,31	<.001
	Efficiences motrice : main non dominante	0,29	<.001
	Symboles	0,25	<.001
	Equilibre	0,19	<.01
Représentation mentale	Mémoire des chiffres en ordre direct	-0,07	n.s.
	Mémoire des chiffres en ordre inverse	0,04	n.s.
	Structures rythmiques	0,04	n.s.
	Cubes	0,35	<.001
	Compréhension verbale	0,34	<.001
	Mouvements de main	0,21	<.01
	Test de Bender-Santucci	0,24	<.005
Estime de soi	SPP : compétences scolaires	0,03	n.s.
	SPP: compétences physiques	-0,06	n.s.
	SPP : valeur propre	0,01	n.s.
Coordinations digitales	<i>Tapping</i> simple : main dominante	-0,22	<.005
	<i>Tapping</i> simple : main non dominante	-0,19	<.01
Maturation neurologique	Syncinésies : action du membre dominant	0,04	n.s.
	Syncinésies : action du membre non dominant	0,13	n.s.
Régulation tonique	Régulation tonique du membre dominant	0,04	n.s.
	Régulation tonique du membre non dominant	0,03	n.s.
Schéma corporel	Gnosies digitales : membre dominant	0,11	n.s.
	Gnosies digitales : membre non dominant	0,17	<.05
	Orientation spatiale	0,01	n.s.

Les facteurs « compétences visuo-motrices » et « coordinations digitales » sont corrélés avec l'âge. Les épreuves cubes, mouvements de main, test de Bender-Santucci et compréhension verbale, qui appartiennent au facteur « représentation mentale », sont elles aussi corrélées avec l'âge. Enfin, il en est de même pour les gnosies digitales du membre non dominant. Les variations des autres compétences ne sont pas liées à l'âge.

### C. Influence de la latéralité

Des études (Athènes & Guiard, 1990) ont montré que la latéralité a une influence sur la posture d'écriture et d'autres (Ajuriaguerra *et al.*, 1956) ont montré que la posture a une influence sur l'écriture, c'est pourquoi nous recherchons une influence de la latéralité sur les items et les facteurs du BHK, la vitesse d'écriture, les variables prédictives et la posture.

Il n'existe aucune influence de la latéralité sur les résultats aux tests statistiques mesurant l'écriture ou les variables prédictives. Seuls quelques aspects posturaux (*cf.* p. 71-72) sont influencés par la latéralité (*cf.* tableau 16) :

- ◆ la main est davantage positionnée au-dessus de la ligne d'écriture chez les gauchers :  
 $U=1387, z=-4,13, p<.001,$
- ◆ la feuille est moins positionnée dans l'axe du bras chez les gauchers :  $U=1203, z=-2,13$  et  $p<.04,$
- ◆ la feuille est davantage placée perpendiculairement à l'axe du bras chez les gauchers :  
 $U=1459, z=-3,09$  et  $p<.002,$



- ◆ le poids est davantage placé sur le bras scripteur chez les gauchers :  $U=1488$ ,  $z=-2,10$  et  $p<.04$ .

Tableau 16 : Pourcentages des postures utilisées chez les droitiers et les gauchers

	Droitiers (N=162)	Gauchers (N=20)
	%	%
Main au-dessus de la ligne d'écriture	0,62 (N=1)	15,00 (N=3)
Feuille dans l'axe du bras scripteur	55,28 (N=89)	30,00 (N=6)
Feuille perpendiculaire à l'axe du bras	0,62 (N=1)	10,00 (N=2)
Appui sur le bras non scripteur	1,85 (N=3)	10,00 (N=2)

La latéralité n'a d'effet que sur certains éléments de la posture d'écriture : la position de la feuille, la position de la main par rapport à la ligne et l'appui sur le bras non scripteur. La latéralité n'a aucun impact ni sur la qualité ou la vitesse de l'écriture, ni sur les variables prédictives.

#### D. Influence de la posture d'écriture sur les facteurs du BHK

De nombreuses recherches (Ajuriaguerra & Auzias (*in* Ajuriaguerra *et al.*, 1956) ; Bullinger, 2004 ; Chartrel & Vinter, 2008 ; Lurçat, 1985 ; Paillard, 1990 ; Van Galen, 1991) ont mis en évidence l'influence de la posture sur l'écriture, c'est pourquoi nous réalisons des traitements statistiques (ANOVA de Kruskal-Wallis et test de Mann Whitney) pour déterminer

l'influence, sur les facteurs du BHK, des différents aspects de la posture d'écriture que nous avons observés (cf. p. 71-72).

### 1. Influence de la position de la main par rapport à la ligne sur le BHK

Une ANOVA de Kruskal-Wallis a mis en évidence l'influence de la position de la main par rapport à la ligne d'écriture sur le facteur « réalisation motrice des lettres » (cf. tableau 17).

Tableau 17 : Influence de la position de la main sur les résultats au facteur réalisation motrice des lettres

Position de la main	Au niveau de la ligne	Au-dessus de la ligne	En dessous de la ligne	Kruskal-Wallis	
N	105	4	73	$H(2, N=182)$	$p$
Réalisation motrice des lettres	1,48 (1,68)	0,25 (0,50)	1,01 (1,20)	7,36	<.05

D'après ces résultats statistiques, la position de la main au niveau de la ligne provoque des difficultés dans la « réalisation motrice des lettres », la main positionnée en dessous de la ligne permet une meilleure réalisation des lettres, quant à la position au-dessus de la ligne les performances sont encore supérieures. Mais le nombre de participants appartenant à ce dernier groupe (main au-dessus de la ligne) est extrêmement réduit (N=4) et surtout composé de gauchers (N=3), c'est pourquoi les résultats demandent à être confirmés avec un groupe plus important.

## 2. Influence de l'orientation de la feuille sur le BHK

Selon l'ANOVA de Kruskal-Wallis, l'orientation de la feuille par rapport à l'axe du bras a une influence sur la vitesse d'écriture (cf. Tableau 18).

Tableau 18 : Influence de la position de la feuille sur la vitesse d'écriture

Orientation de la feuille	Face au scripteur	Dans l'axe du bras scripteur	Perpendiculaire au bras scripteur	ANOVA de Kruskal-Wallis	
				<i>H</i> (2, N= 182)	<i>p</i>
	82	95	3		
Vitesse	230,81 (70,79)	257,08 (70,18)	277,33 (77,49)	5,98	<.05

Quand la feuille est orientée face au scripteur, l'écriture est plus lente que lorsque la feuille est orientée dans l'axe du bras scripteur. Lorsque la feuille est placée perpendiculaire par rapport au bras scripteur, l'écriture est encore plus rapide, mais le nombre de participants de ce groupe est extrêmement réduit (N=3), c'est pourquoi les résultats demandent à être retrouvés avec un groupe plus important.

En revanche, nous n'avons pu observer aucun effet des autres aspects posturaux sur la qualité d'écriture, la vitesse d'écriture et sur les quatre facteurs du BHK pour les éléments posturaux suivants : l'influence du nombre de pieds d'appui au sol, de la position des doigts sur l'outil scripteur, de la position de la feuille par rapport à la posture d'écriture, de la position de la main par rapport à la ligne d'écriture, de la position des jambes, de la stabilité de la position assise, de la position du bassin, de l'adossement à la chaise, de la position du dos, de l'axe de la tête, de la répartition du poids sur les bras et de la douleur.

Le facteur « réalisation motrice des lettres » est influencé par la position de la main par rapport à la ligne et la vitesse d'écriture par l'orientation de la feuille. Plus la posture est académique, plus facteur « réalisation motrice des lettres » est de meilleure qualité et l'écriture rapide.

#### **IV. Influence des processus psychomoteurs, cognitifs et conatifs sur le BHK**

L'objectif n°4 consiste à évaluer l'influence des variables prédictives de l'écriture, étudiées isolément dans les études antérieures, sur une seule population. En effet, si la plupart de ces variables prédictives ont un lien avéré avec l'écriture, l'objectif ici est d'établir l'importance de l'influence de chacune d'elles sur l'écriture : sa vitesse, sa qualité, mais aussi ses différents facteurs.

En effet, notre étude cherche à déterminer la signification et le poids des différents processus mesurés (psychomoteurs, cognitifs et conatifs) sur l'écriture, c'est pourquoi nous avons réalisé des régressions linéaires multiples. La régression linéaire multiple vise à expliquer l'écriture qui est étudiée dans ce travail comme une variable dépendante par les compétences psychomotrices, cognitives ou conatives qui sont étudiées comme des variables prédictives. La méthode pas à pas introduit les variables prédictives une par une qui peuvent être enlevées ensuite si elles ne contribuent plus significativement à la régression. Le traitement statistique s'arrête lorsque toutes les variables ont été introduites ou éliminées (Beaufils, 1996 ; Carricano & Poujol, 2008 ; Dancey & Reidy, 2007). Les régressions linéaires multiples vont être réalisées sur la vitesse d'écriture, la note globale du BHK et ses quatre facteurs.

A. Sur la vitesse d'écriture mesurée par le BHK

Tableau 19 : Modèle de régressions linéaires sur la vitesse d'écriture

Modèle de régression linéaire	<i>B</i>	Erreur Standard de <i>B</i>	Coefficient standardisé $\beta$	% de la variance expliquée
Age	28,61	4,38	.39	28,00***
Symboles	4,72	0,70	.38	16,07***
Syncinésies : action du membre dominant	6,28	2,40	.14	3,06**
SPP : compétences scolaires	1,75	1,23	.08	2,88*
<i>Tapping</i> séquentiel : main dominante	-0,93	0,38	-.15	1,78*
Mémoire des chiffres en ordre inverse	8,28	2,32	.18	0,92**
Cubes	-1,00	0,41	-.14	1,28*
SPP : compétences physiques	3,17	1,00	.13	1,04*
<b>Ensemble du modèle</b>	<b>55,03***</b>			

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

L'analyse de régression a permis de déterminer les variables (*cf.* tableau 19) qui ont une influence sur la vitesse d'écriture : l'âge, les symboles, les syncinésies lors de l'action du membre non dominant, le SPP (questionnaire d'estime de soi) concernant les compétences scolaires, le *tapping* séquentiel de la main dominante, la mémoire des chiffres en ordre inverse, les cubes et le SPP concernant les compétences physiques. Au total, ces six variables prédisent une part importante de la variance : 55,03% de la variance de la vitesse de l'écriture.

## B. Sur la qualité de l'écriture mesurée par le BHK

Tableau 20 : Modèle de régressions linéaires sur la note globale du BHK

Modèle de régression linéaire	<i>B</i>	Erreur Standard de <i>B</i>	Coefficient standardisé $\beta$	% de la variance expliquée
Equilibre	-1,69	0,71	-.18	3,23*
Efficienc motrice : membre dominant	-0,50	0,18	-.21	1,64**
Symboles	0,18	0,07	.21	2,33**
Mémoire des chiffres en ordre inverse	-0,45	0,22	-.15	1,81*
<b>Ensemble du modèle</b>	<b>9,02***</b>			

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

Les régressions linéaires réalisées sur la note globale au BHK (*cf.* tableau 20) indiquent que la part des pourcentages de variance est prédite par l'équilibre, l'efficienc motrice du membre dominant, les symboles et la mémoire des chiffres en ordre inverse. La variance dans les performances en écriture est prédite à 9,02% par ces quatre variables.

## C. Sur les facteurs du BHK et leurs items

L'analyse de régression sur les items qui composent chaque facteur va permettre de préciser le rôle de chaque variable indépendante dans la variance d'un facteur. Ces précisions seront utiles pour expliquer les influences que subissent les facteurs.

1. Sur le facteur « réalisation motrice des lettres »

Tableau 21 : Modèle de régression linéaire sur le facteur « réalisation motrice des lettres » du BHK

Modèle de régression linéaire	<i>B</i>	Erreur Standard de <i>B</i>	Coefficient standardisé $\beta$	% de la variance expliquée
Efficienc e motrice : main non dominante	-0,16	0,05	-.22	6,00**
Test de Bender-Santucci	-0,03	0,01	-.19	2,90*
<b>Ensemble du modèle</b>	<b>8,90***</b>			

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

L'efficienc e motrice de la main non dominante et le test de Bender-Santucci expliquent 8,90% de la variance du facteur « réalisation motrice des lettres » (cf. tableau 21).

Tableau 22 : Modèle de régressions linéaires sur l'item « écriture grande »

Modèle de régression linéaire	<i>B</i>	Erreur Standard de <i>B</i>	Coefficient standardisé $\beta$	% de la variance expliquée
Mémoire des chiffres en ordre inverse	- 0,11	0,04	-.22	<b>4,30**</b>

\*\* $p < .01$

Seule la mémoire des chiffres en ordre inverse explique 4,30% de la variance de l'item « écriture grande » (cf. tableau 22).

Tableau 23 : Modèle de régressions linéaires sur l'item « écriture chaotique »

Modèle de régression linéaire	<i>B</i>	Erreur Standard de <i>B</i>	Coefficient standardisé $\beta$	% de la variance expliquée
Efficienc motrice : main non dominante	-0,12	0,03	-.28	9,10***
Equilibre	-0,29	0,12	-.18	2,40*
Gnosies digitales : membre non dominant	0,11	0,06	.15	2,60*
<b>Ensemble du modèle</b>	<b>13,10*</b>			

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

L'efficienc motrice et les gnosies digitales de la main non dominante, ainsi que l'équilibre expliquent 13,10% de la variance de l'item « écriture chaotique » (cf. tableau 23).

Tableau 24 : Modèle de régressions linéaires sur l'item « hésitations et tremblements »

Modèle de régression linéaire	<i>B</i>	Erreur Standard de <i>B</i>	Coefficient standardisé $\beta$	% de la variance expliquée
Age	0,07	0,03	-.15	<b>1,60*</b>

\* $p < .05$

Seul l'âge explique 1,60% de la variance de l'item « hésitations et tremblements » (cf. tableau 24).



2. Sur le facteur « formes et constance des lettres »

Tableau 25 : Modèle de régression linéaire sur le facteur « formes et constance des lettres »

Modèle de régression linéaire	<i>B</i>	Erreur Standard de <i>B</i>	Coefficient standardisé $\beta$	% de la variance expliquée
SPP : compétences scolaires	-0,16	0,05	-.23	3,20**
Symboles	-0,08	0,03	.18	2,40*
Equilibre	-0,84	0,36	-.18	2,40*
Compréhension verbale	-0,06	0,03	-.16	1,70*
<b>Ensemble du modèle</b>	<b>9,70***</b>			

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

Le SPP concernant les compétences scolaires, les symboles, l'équilibre et la compréhension verbale expliquent 9,70% de la variance du facteur « formes et constance des lettres » (cf. tableau 25).

Tableau 26 : Modèle de régressions linéaires sur l'item « variations dans la hauteur des lettres troncs »

Modèle de régression linéaire	<i>B</i>	Erreur Standard de <i>B</i>	Coefficient standardisé $\beta$	% de la variance expliquée
SPP : compétences scolaires	-0,09	0,03	-.24	4,24**
Symboles	0,04	0,02	.17	2,32*
<b>Ensemble du modèle</b>	<b>6,57**</b>			

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$

Le SPP concernant les compétences scolaires et les symboles expliquent 6,57% de la variance de l'item « variations dans la hauteur des lettres troncs » (cf. tableau 26).

Tableau 27 : Modèle de régressions linéaires sur l'item « distorsion des lettres »

Modèle de régression linéaire	<i>B</i>	Erreur Standard de <i>B</i>	Coefficient standardisé $\beta$	% de la variance expliquée
Equilibre	-0,42	0,16	.19	3,90**
SPP : compétences physiques	-0,06	0,02	.19	3,06**
<b>Ensemble du modèle</b>	<b>6,96***</b>			

\*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

L'équilibre et le SPP concernant les compétences physiques expliquent 6,96% de la variance de l'item « distorsion des lettres » (cf. tableau 27).

Tableau 28 : Modèle de régressions linéaires sur l'item « forme de lettres ambiguës »

Modèle de régression linéaire	<i>B</i>	Erreur Standard de <i>B</i>	Coefficient standardisé $\beta$	% de la variance expliquée
Compréhension verbale	0,03	0,01	.19	<b>3,00*</b>

\* $p < .05$

Seule la compréhension verbale explique 3,00% de la variance de l'item « forme de lettres ambiguës » (cf. tableau 28).

### 3. Sur le facteur « organisation spatiale des lettres dans le mot »

Tableau 29 : Modèle de régression linéaire sur le facteur « organisation spatiale des lettres dans le mot »

Modèle de régression linéaire	<i>B</i>	Erreur Standard de <i>B</i>	Coefficient standardisé $\beta$	% de la variance expliquée
Mémoire des chiffres en ordre inverse	-0,26	0,09	-.22	5,70*
Efficiencemotrice : main dominante	-0,26	0,07	-.28	4,60**
Test de Bender-Santucci	-0,04	0,01	-.18	2,00*
Efficiencemotrice : main non dominante	0,18	0,08	.19	2,20*
<b>Ensemble du modèle</b>	<b>14,50***</b>			

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

La mémoire des chiffres en ordre inverse, l'efficiencemotrice de la main dominante et non dominante et le test de Bender-Santucci expliquent 14,50% de la variance du facteur « organisation spatiale des lettres dans le mot » (cf. tableau 29).

Tableau 30 : Modèle de régressions linéaires sur l'item « mots serrés »

Modèle de régression linéaire	<i>B</i>	Erreur Standard de <i>B</i>	Coefficient standardisé $\beta$	% de la variance expliquée
Test de Bender-Santucci	-0,03	0,01	-.19	5,71**
Mémoire des chiffres en ordre inverse	-0,19	0,07	-.21	2,63**
Efficiencemotrice : main dominante	-0,18	0,06	-.25	2,14**
Efficiencemotrice : main non dominante	0,15	0,06	.19	2,27*
<b>Ensemble du modèle</b>	<b>12,77***</b>			

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

Le test de Bender-Santucci, la mémoire des chiffres en ordre inverse, l'efficiencemotrice de la main dominante et non dominante expliquent 12,77% de la variance de l'item « mots serrés » (cf. tableau 30).

Tableau 31 : Modèle de régressions linéaires sur l'item « télescopes »

Modèle de régression linéaire	<i>B</i>	Erreur Standard de <i>B</i>	Coefficient standardisé $\beta$	% de la variance expliquée
Rythme	-0,02	0,01	-.24	4,03**
Symboles	0,03	0,01	.22	1,84**
Efficiencemotrice : main dominante	-0,06	0,02	-.19	2,55*
<b>Ensemble du modèle</b>	<b>8,42**</b>			

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$

Le rythme, les symboles et l'efficiencemotrice de la main dominante expliquent 8,42% de la variance de l'item « télescopes » (cf. tableau 31).

Tableau 32 : Modèle de régressions linéaires sur l'item « hauteur relative incorrecte »

Modèle de régression linéaire	<i>B</i>	Erreur Standard de <i>B</i>	Coefficient standardisé $\beta$	% de la variance expliquée
<i>Tapping</i> séquentiel : main dominante	0,01	0,003	.22	<b>4,10**</b>

\*\* $p < .01$

Seul le *tapping* séquentiel de la main dominante explique 4,10% de la variance de l'item « hauteur relative incorrecte » (cf. tableau 32).

#### 4. Sur le facteur « organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille »

Tableau 33 : Modèle de régression linéaire sur le facteur « organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille »

Modèle de régression linéaire	<i>B</i>	Erreur Standard de <i>B</i>	Coefficient standardisé $\beta$	% de la variance expliquée
Symboles	0,07	0,02	-.28	3,10**
Efficienc e motrice : main dominante	-0,16	0,05	-.24	4,60*
<b>Ensemble du modèle</b>	<b>7,70***</b>			

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

Les symboles et l'efficienc e motrice de la main dominante expliquent 7,70% de la variance du facteur « organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille » (cf. tableau 33).

Tableau 34 : Modèle de régressions linéaires sur l'item « lignes non planes »

Modèle de régression linéaire	<i>B</i>	Erreur Standard de <i>B</i>	Coefficient standardisé $\beta$	% de la variance expliquée
Symboles	0,62	0,014	.33	6,20***
Efficiencemotrice : main dominante	-0,11	0,04	-.23	4,10**
Gnosies digitales : membre dominant	0,13	0,6	.16	1,90*
<b>Ensemble du modèle</b>	<b>12,20***</b>			

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

Les symboles, l'efficiencemotrice de la main dominante et les gnosies digitales du membre dominant expliquent 12,20% de la variance de l'item « lignes non planes » (cf. tableau 34).

Nous n'avons observé aucune influence des processus psychomoteurs, cognitifs et conatifs proposés sur l'item « lettres retouchées ».

Tableau 35 : Modèle de régressions linéaires sur l'item « inclinaison de la marge »

Modèle de régression linéaire	<i>B</i>	Erreur Standard de <i>B</i>	Coefficient standardisé $\beta$	% de la variance expliquée
Age	-0,10	0,03	-.26	<b>6,20***</b>

\*\*\* $p < .001$

Seul l'âge explique 6,20% de la variance de l'item « inclinaison de la marge » (cf. tableau 35).

Tableau 36 : Modèle de régressions linéaires sur l'item « liens interrompus entre les lettres »

Modèle de régression linéaire	<i>B</i>	Erreur Standard de <i>B</i>	Coefficient standardisé $\beta$	% de la variance expliquée
Compréhension verbale	0,06	0,02	.22	<b>4,20**</b>

\*\* $p < .01$

Seule la compréhension verbale explique 4,20% de la variance de « liens interrompus entre les lettres » (cf. tableau 36).

La vitesse est la variable la mieux expliquée par un petit nombre de variables prédictives (l'âge, les symboles, les syncinésies lors de l'action du membre non dominant, le SPP concernant les compétences scolaires, le *tapping* séquentiel de la main dominante, la mémoire des chiffres en ordre inverse, les cubes et le SPP concernant les compétences physiques), qui explique plus de 50% de sa variance. La qualité de l'écriture est plus faiblement expliquée par les variables prédictives (entre 1,60% et 14,50% de la variance selon les facteurs). Les variables prédictives choisies sont nécessaires, mais pas suffisantes pour expliquer la variance des résultats au BHK.

## V. Profils d'écriture

L'objectif n°5 est de repérer les profils de scripteurs, ainsi que les processus associés à chacun de ces profils.

Nous avons réalisé des profils d'enfants afin de déterminer la diversité des caractéristiques des scripteurs. Ces profils ont été créés grâce à une analyse hiérarchique utilisant la méthode de Ward avec des distances euclidiennes. Nous avons introduit les 13 items du BHK et la vitesse d'écriture pour réaliser la classification hiérarchique. En appliquant le critère de Mojena (1975), nous avons choisi une séparation en six groupes. Nous avons ensuite réalisé des ANOVA de Kruskal-Wallis afin de faire apparaître les différences entre chaque groupe ; ces tests nous ont permis d'identifier les profils présentés ci-après.

Chaque profil indique une utilisation différente des processus moteurs, cognitifs et conatifs, c'est pourquoi nous avons réalisé, dans un premier temps, les six profils qui vont être décrits, puis dans un second temps, nous présenterons les différences entre ces six profils, d'abord pour l'écriture, puis pour les variables prédictives.

### A. Répartition des participants dans les six profils

Les six profils de scripteurs se composent différemment (effectifs, genre, âge), ils se présentent ainsi :

- ◆ profil 1 : 56 enfants âgés de 8;2 ans à 12;1 ans, la moyenne d'âge est de 10;1 ans (e.t.=1,01). Il est composé de 37 filles et 19 garçons ;
- ◆ profil 2 : 23 enfants âgés de 8;0 ans à 11;3 ans, la moyenne d'âge est de 9;2 ans (e.t.=0,99). Il est composé de 14 filles et 9 garçons ;



- ◆ profil 3 : 18 enfants âgés de 7;10 ans à 11;3 ans, la moyenne d'âge est de 9;8 ans (e.t.=0,99). Il est composé de 8 filles et 10 garçons ;
- ◆ profil 4 : 57 enfants âgés de 8;3 ans à 11;5 ans, la moyenne d'âge est de 9;8 ans (e.t.=0,85). Il est composé de 21 filles et 36 garçons ;
- ◆ profil 5 : 20 enfants, âgés de 7;11 ans à 10;5 ans, la moyenne d'âge est de 9;8 ans (e.t.= 1,01). Il est composé de huit filles et 12 garçons ;
- ◆ Profil 6 : six enfants âgés de 7;10 ans à 10;5 ans, la moyenne d'âge est de 8;11 ans (e.t.= 0,95). Il est composé d'une fille et cinq garçons.

		Profil 1	Profil 2	Profil 3	Profil 4	Profil 5	Profil 6
N	Ensemble du groupe	56	23	18	57	20	6
	Filles	37	14	8	21	8	1
	Garçons	19	9	10	36	12	5
Age	Etendu	8;2 - 12;1	8;0 - 11;3	7;10 - 11;3	8;3 - 11;5	7;11 - 10;5	7;10 - 10;5
	M (e.t.)	10;1 (1,01)	9;2 (0,99)	9;8 (0,99)	9;8 (0,85)	9;8 (1,01)	8;11 (0,95)

Tableau 37 : Age et effectifs des profils de scripteurs

Une ANOVA de Kruskal-Wallis fait apparaître des différences d'âge significatives entre les six profils ( $H(5, N=182)=14,45, p<.05$ ). En effet, les enfants du profil 1 sont significativement plus âgés que ceux du profil 2 ( $U=400,50, z=-2,63, p<.01$ ), du profil 4 ( $U=1187,00, z=-2,35, p<.05$ ) et du profil 6 ( $U=61,00, z=-2,55, p<.05$ ). Enfin, les enfants du profil 4 sont significativement plus âgés que ceux du profil 6 ( $U=84,50, z=-2,03, p<.05$ ). Des tests de Mann Whitney ont été réalisés, ils ne montrent aucune différence d'âge entre les garçons et les filles à l'intérieur de chaque profil.

## B. Profils de scripteurs

Une ANOVA de Kruskal-Wallis montre des différences significatives entre les profils pour la vitesse d'écriture et pour les quatre facteurs du BHK. Les moyennes et les écarts-types centrés réduits des profils sont représentés sur la figure 10. Nous allons présenter les résultats aux tests (ANOVA de Kruskal-Wallis et test de Mann Whitney), d'abord pour la vitesse, puis pour les quatre facteurs de l'écriture.

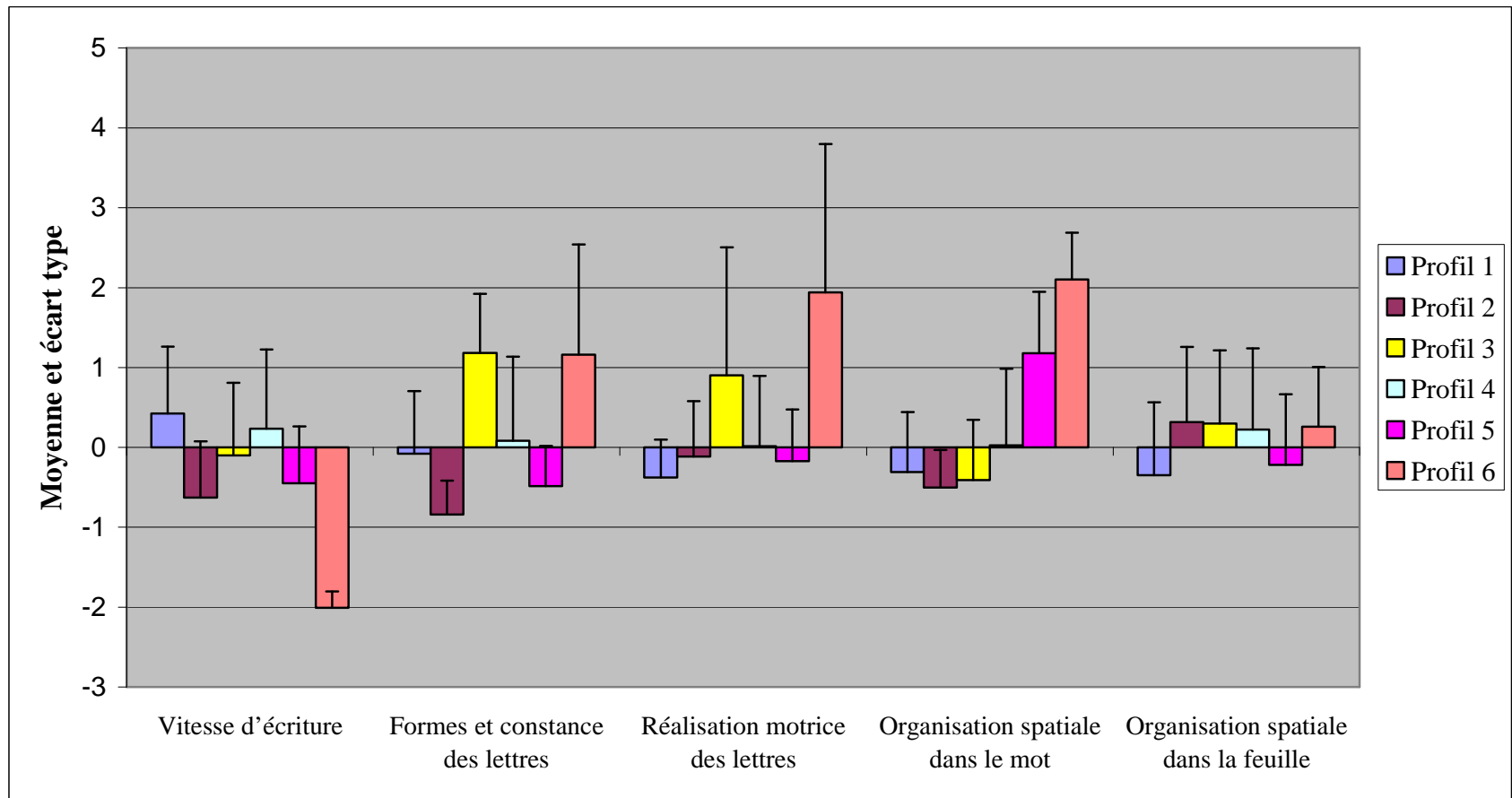


Figure 10 : Moyenne et écart-type des profils pour les quatre facteurs du BHK et la vitesse d'écriture

### 1. Différences entre les profils pour la vitesse d'écriture

Une ANOVA de Kruskal-Wallis montre qu'il existe des différences significatives de vitesse d'écriture entre les profils ( $H(5, N=181)=43,79, p<.001$ ). Des tests de Mann Whitney, présentés dans le tableau 38, permettent de déterminer les différences entre les groupes deux à deux.

Tableau 38 : Comparaison statistique des six profils pour la vitesse d'écriture avec des tests de Mann Whitney

		Profil 2☼	Profil 3☼	Profil 4☼	Profil 5☼	Profil 6☼
	Moyenne (écart-type)	200,83 (50,54)	238,50 (65,14)	262,61 (70,71)	213,55 (50,99)	102,17 (14,63)
Profil 1☼	276,07 (60,00)	$U=223,50,$ $z=-4,54^{***}$	$U=358,00,$ $z=-1,97^*$	$U=1374,00,$ $z=-1,28$	$U=252,00,$ $z=-3,63^{***}$	$U=0,00,$ $z=-4,00^{***}$
Profil 2☼	200,83 (50,54)	-	$U=134,50,$ $z=-1,90$	$U=318,00,$ $z=-3,59^{***}$	$U=478,50,$ $z=-0,67$	$U=3,00,$ $z=-3,55^{***}$
Profil 3☼	238,50 (65,14)	-	-	$U=425,50,$ $z=-1,09$	$U=133,50,$ $z=-1,36$	$U=0,00,$ $z=-3,60^{***}$
Profil 4☼	262,61 (70,71)	-	-	-	$U=345,00,$ $z=-2,61^{**}$	$U=5,00,$ $z=-3,89^{***}$
Profil 5☼	213,55 (50,99)	-	-	-	-	$U=0,00,$ $z=-3,65^{***}$

\* $p<.05$ , \*\* $p<.01$ , \*\*\* $p<.001$

Les enfants du profil 1 écrivent plus rapidement que ceux des profils 2, 3, 5 et 6. Les enfants du profil 4 écrivent plus rapidement que ceux des profils 2, 5 et 6. Les enfants du profil 6 écrivent plus lentement que ceux de tous les autres profils.

☼ Profil 1 : Scripteurs expérimentés, Profil 2 : scripteurs avec déficit du contrôle spatial global, Profil 3 : scripteurs avec programme moteur instable, Profil 4 : scripteurs changeant de stratégie de contrôle moteur, Profil 5 : scripteurs avec déficit en contrôle spatial local, Profil 6 : scripteurs avec troubles de l'écriture

## 2. Différences entre les profils pour le facteur « formes et constance des lettres »

Une ANOVA de Kruskal-Wallis montre qu'il existe des différences significatives entre les six profils pour le facteur « formes et constance des lettres » ( $H(5, N=182)=56,07, p<.001$ ). Des tests de Mann Whitney, présentés dans le tableau 39, permettent de déterminer les différences entre les groupes deux à deux.

Tableau 39 : Comparaison statistique des six profils pour le facteur « formes et constance des lettres » avec des tests de Mann Whitney

		Profil 2 <sup>☼</sup>	Profil 3 <sup>☼</sup>	Profil 4 <sup>☼</sup>	Profil 5 <sup>☼</sup>	Profil 6 <sup>☼</sup>
	Moyenne (écart-type)	0,96 (1,06)	6,06 (1,86)	3,28 (2,65)	1,85 (1,27)	6,00 (3,46)
Profil 1 <sup>☼</sup>	2,88 (1,97)	$U=264,50,$ $z=-4,16^{***}$	$U=119,00,$ $z=-4,89^{***}$	$U=1522,00,$ $z=-0,43$	$U=395,50,$ $z=-1,97^*$	$U=71,50,$ $z=-2,32^*$
Profil 2 <sup>☼</sup>	0,96 (1,06)	-	$U=3,00, z=-$ $5,43^{***}$	$U=256,50,$ $z=-4,30^{***}$	$U=404,50,$ $z=-2,56^{**}$	$U=9,50,$ $z=-3,33^{***}$
Profil 3 <sup>☼</sup>	6,06 (1,86)	-	-	$U=179,00,$ $z=-4,17^{***}$	$U=8,50,$ $z=-5,07^{***}$	$U=47,50,$ $z=-0,44$
Profil 4 <sup>☼</sup>	3,28 (2,65)	-	-	-	$U=379,00,$ $z=-2,25^*$	$U=84,50,$ $z=-2,04^*$
Profil 5 <sup>☼</sup>	1,85 (1,27)	-	-	-	-	$U=16,50,$ $z=-2,72^{**}$

\* $p<.05$ , \*\* $p<.01$ , \*\*\* $p<.001$

<sup>☼</sup> Profil 1 : Scripteurs expérimentés, Profil 2 : scripteurs avec déficit du contrôle spatial global, Profil 3 : scripteurs avec programme moteur instable, Profil 4 : scripteurs changeant de stratégie de contrôle moteur, Profil 5 : scripteurs avec déficit en contrôle spatial local, Profil 6 : scripteurs avec troubles de l'écriture

Nous pouvons classer par ordre décroissant de profils le facteur « formes et constance des lettres », chaque profil présenté ayant significativement un meilleur score moyen que les suivants :

- 1- le profil 2,
- 2- le profil 5,
- 3- les profils 4 et 1 ont des scores équivalents,
- 4- les profils 3 et 6 ont des scores équivalents.

### 3. Différences entre les profils pour le facteur « réalisation motrice des lettres »

Une ANOVA de Kruskal-Wallis montre qu'il existe des différences significatives entre les six profils pour le facteur « organisation spatiale des lettres dans le mot » ( $H(5, N=182)=59,54, p<.005$ ). Des tests de Mann Whitney, présentés dans le tableau 40, permettent de déterminer les différences entre les groupes deux à deux.

Tableau 40 : Comparaison statistique des six profils pour le facteur « réalisation motrice des lettres » avec des tests de Mann Whitney

		Profil 2 <sup>☼</sup>	Profil 3 <sup>☼</sup>	Profil 4 <sup>☼</sup>	Profil 5 <sup>☼</sup>	Profil 6 <sup>☼</sup>
	Moyenne (écart-type)	1,09 (1,04)	2,61 (2,40)	1,28 (1,32)	1,00 (0,97)	4,17 (2,79)
Profil 1 <sup>☼</sup>	0,70 (0,71)	$U=515,50$ , $z=-1,50$	$U=180,50$ , $z=-4,32^{***}$	$U=1214,50$ , $z=-2,32^*$	$U=472,50$ , $z=-1,12$	$U=39,00$ , $z=-3,30^{***}$
Profil 2 <sup>☼</sup>	1,09 (1,04)	-	$U=109,00$ , $z=-2,68^{**}$	$U=617,50$ , $z=-0,42$	$U=430,50$ , $z=-0,25$	$U=22,50$ , $z=-2,62^{**}$
Profil 3 <sup>☼</sup>	2,61 (2,40)	-	-	$U=316,50$ , $z=-2,15^{**}$	$U=90,00$ , $z=-2,73^{**}$	$U=36,50$ , $z=-1,20$
Profil 4 <sup>☼</sup>	1,28 (1,32)	-	-	-	$U=517,50$ , $z=-0,64$	$U=63,00$ , $z=-2,61^{**}$
Profil 5 <sup>☼</sup>	1,00 (0,97)	-	-	-	-	$U=18,00$ , $z=-2,66^{**}$

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

Nous pouvons réaliser un classement par ordre décroissant des profils pour le facteur « réalisation motrice des lettres », chaque profil présenté ayant significativement un meilleur score moyen que les suivants :

- 1- les profils 1 et 5 ont des scores équivalents,
- 2- les profils 2 et 4 ont des scores équivalents,
- 3- les profils 3 et 6 ont des scores équivalents.

<sup>☼</sup> Profil 1 : Scripteurs expérimentés, Profil 2 : scripteurs avec déficit du contrôle spatial global, Profil 3 : scripteurs avec programme moteur instable, Profil 4 : scripteurs changeant de stratégie de contrôle moteur, Profil 5 : scripteurs avec déficit en contrôle spatial local, Profil 6 : scripteurs avec troubles de l'écriture

4. Différences entre les profils pour le facteur « organisation spatiale des lettres dans le mot »

Une ANOVA de Kruskal-Wallis montre qu'il existe des différences significatives entre les six profils pour le facteur « organisation spatiale des lettres dans le mot » ( $H(5, N=182)=59,54, p<.001$ ). Des tests de Mann Whitney, présentés dans le tableau 41, permettent de déterminer les différences entre les groupes deux à deux.

Tableau 41 : Comparaison statistique des six profils pour le facteur « organisation spatiale des lettres dans le mot » avec des tests de Mann Whitney

		Profil 2 <sup>☼</sup>	Profil 3 <sup>☼</sup>	Profil 4 <sup>☼</sup>	Profil 5 <sup>☼</sup>	Profil 6 <sup>☼</sup>
	Moyenne (écart-type)	0,65 (0,94)	0,83 (1,51)	1,70 (1,91)	4,00 (1,52)	5,83 (1,17)
Profil 1 <sup>☼</sup>	1,04 (1,50)	$U=567,00,$ $z=-0,91$	$U=431,50,$ $z=-1,00$	$U=1221,50,$ $z=-2,25^*$	$U=91,00,$ $z=-5,70^{***}$	$U=9,50,$ $z=-3,99^{***}$
Profil 2 <sup>☼</sup>	0,65 (0,94)	-	$U=202,00,$ $z=-0,15$	$U=428,00,$ $z=-2,53^{**}$	$U=285,50,$ $z=-5,50^{***}$	$U=0,00,$ $z=-3,96^{***}$
Profil 3 <sup>☼</sup>	0,83 (1,51)	-	-	$U=338,50,$ $z=-2,26^*$	$U=29,50,$ $z=-4,50^{***}$	$U=1,50,$ $z=-3,75^{***}$
Profil 4 <sup>☼</sup>	1,70 (1,91)	-	-	-	$U=169,00,$ $z=-4,73^{***}$	$U=20,00,$ $z=-3,61^{***}$
Profil 5 <sup>☼</sup>	4,00 (1,52)	-	-	-	-	$U=16,50,$ $z=-2,71^{**}$

\* $p<.05$ , \*\* $p<.01$ , \*\*\* $p<.001$

<sup>☼</sup> Profil 1 : Scripteurs expérimentés, Profil 2 : scripteurs avec déficit du contrôle spatial global, Profil 3 : scripteurs avec programme moteur instable, Profil 4 : scripteurs changeant de stratégie de contrôle moteur, Profil 5 : scripteurs avec déficit en contrôle spatial local, Profil 6 : scripteurs avec troubles de l'écriture



Nous pouvons réaliser un classement par ordre décroissant des profils pour le facteur « organisation spatiale des lettres dans le mot », chaque profil présenté ayant significativement un meilleur score moyen que les suivants :

- 1- les profils 1, 2 et 3 ont des scores équivalents,
- 2- le profil 4,
- 3- le profil 5,
- 4- le profil 6.

5. Différences entre les profils pour le facteur « organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille »

Une ANOVA de Kruskal-Wallis montre qu'il existe des différences significatives entre les six profils pour le facteur « organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille » ( $H(5, N=182)=18,72, p<.005$ ). Des tests de Mann Whitney, présentés dans le tableau 42, permettent de déterminer les différences entre les groupes deux à deux.

Tableau 42 : Comparaison statistique des six profils pour le facteur « organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille » avec des tests de Mann Whitney

		Profil 2☼	Profil 3☼	Profil 4☼	Profil 5☼	Profil 6☼
	Moyenne (écart-type)	5,09 (1,38)	5,06 (1,35)	4,95 (1,49)	4,30 (1,30)	5,00 (1,10)
Profil 1☼	4,11 (1,34)	$U=413,00,$ $z=-2,57^{**}$	$U=305,00,$ $z=-2,58^{**}$	$U=996,00,$ $z=-3,57^{**}$	$U=526,00,$ $z=-0,42$	$U=95,00,$ $z=-1,80$
Profil 2☼	5,09 (1,38)	-	$U=201,50,$ $z=-0,15$	$U=655,00,$ $z=-0,01$	$U=370,50,$ $z=-1,74$	$U=68,00,$ $z=-0,06$
Profil 3☼	5,06 (1,35)	-	-	$U=491,50,$ $z=-0,28$	$U=119,50,$ $z=-1,82$	$U=51,50,$ $z=-0,17$
Profil 4☼	4,95 (1,49)	-	-	-	$U=385,00,$ $z=-2,23^*$	$U=165,00,$ $z=-0,15$
Profil 5☼	4,30 (1,30)	-	-	-	-	$U=38,00,$ $z=-1,38$

\* $p<.05$ , \*\* $p<.01$ , \*\*\* $p<.001$

Les enfants du profil 1 ont un meilleur score au facteur « organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille » que ceux des profils 2, 3 et 4. Les enfants du profil 5 ont un meilleur score à ce même facteur que ceux du profil 4.

Ces comparaisons statistiques inter- profils permettent de considérer que les profils de scripteurs sont bien différents les uns des autres. Il s'agit maintenant de les interpréter. Chaque présentation de profil sera accompagnée d'exemples afin d'illustrer les caractéristiques de chacun d'entre eux. Les exemples de BHK que nous proposons par profil (ci-après) montrent la diversité des types d'écriture dans un même profil ; en effet, les difficultés rencontrées pour un seul et même facteur peuvent revêtir plusieurs réalités du point de vue de l'écriture : chaque item

☼ Profil 1 : Scripteurs expérimentés, Profil 2 : scripteurs avec déficit du contrôle spatial global, Profil 3 : scripteurs avec programme moteur instable, Profil 4 : scripteurs changeant de stratégie de contrôle moteur, Profil 5 : scripteurs avec déficit en contrôle spatial local, Profil 6 : scripteurs avec troubles de l'écriture

composant le facteur prend une importance différente selon le sujet. En dessous de chaque exemple d'écriture, nous mettrons entre parenthèses, en commentaire, les items du BHK déficients dans l'exemple proposé. La répartition des participants selon les profils est représentée sur la figure 11. Les noms des profils présentés dans cette figure sont expliqués dans la description des profils.

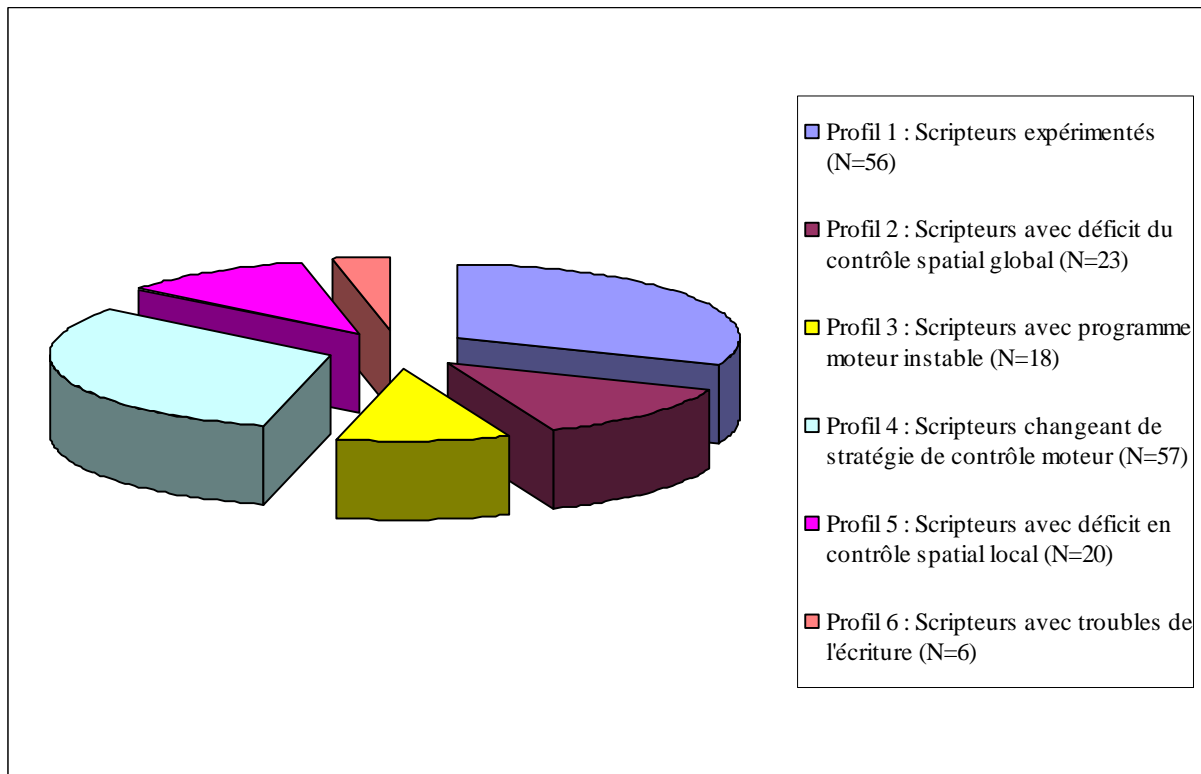
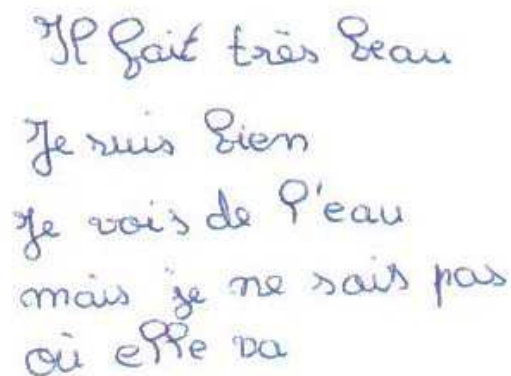


Figure 11 : Répartition des participants en fonction des profils

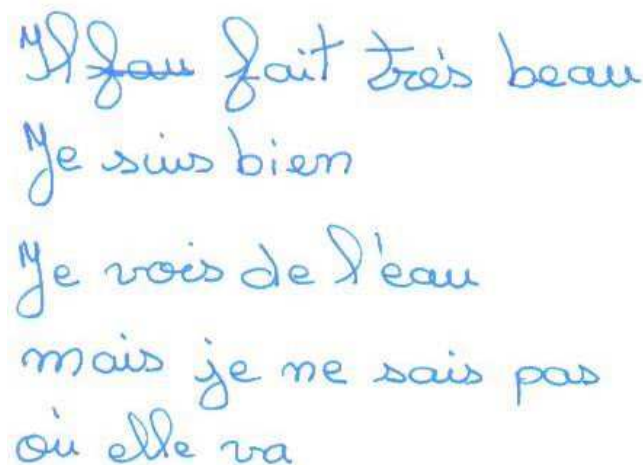
Profil 1 : scripteurs expérimentés

Les enfants de ce profil sont plus âgés que ceux des autres profils. Ils écrivent rapidement et présentent un bon niveau de compétence à trois des facteurs « réalisation motrice des lettres » « organisation spatiale des lettres dans le mot » et « organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille ». Le niveau du facteur « formes et constance des lettres » est moyen. Ces enfants ont de l'entraînement et ont déjà construit leur programme moteur pour l'écriture. Les enfants du profil 1 ne présentent pas de difficulté, les exemples d'écriture montrent une grande similitude de l'écriture malgré la différence d'âge entre les scripteurs.



Il fait très beau  
Je suis bien  
je vois de l'eau  
mais je ne sais pas  
où elle va

Exemple 1 : Copie de texte du BHK d'une fille de 8;6 ans en CE2 appartenant au profil 1

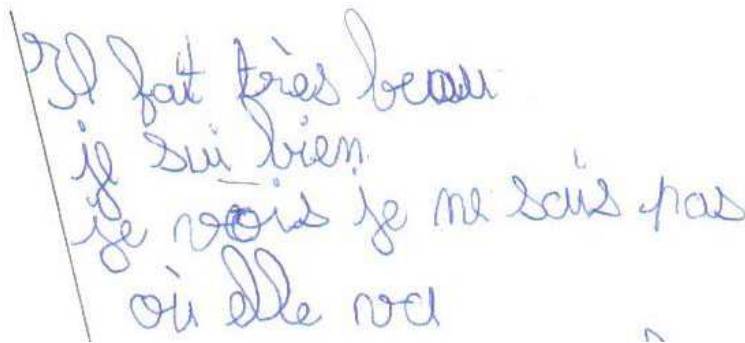


Il fait très beau  
Je suis bien  
je vois de l'eau  
mais je ne sais pas  
où elle va

Exemple 2 : Copie de texte du BHK d'une fille de 10;10 ans en CM2 appartenant au profil 1

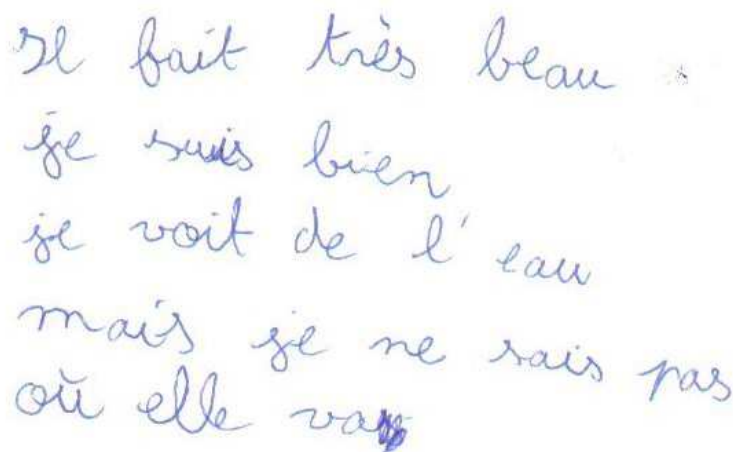
Profil 2 : scripteurs avec déficit du contrôle spatial global

Les enfants de ce profil ont une vitesse d'écriture moyenne et un niveau moyen pour le facteur « réalisation motrice des lettres ». Leur niveau pour les facteurs « formes et constance des lettres » et « organisation spatiale des lettres dans le mot » est bon. Ils présentent des difficultés pour le facteur « organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille », qui peuvent être liées à une absence ou un déficit du contrôle spatial global de l'écriture.



Il fait très beau  
je suis bien  
je vois je ne sais pas  
où elle va

Exemple 3 : Copie de texte du BHK d'une fille de 8;10 ans en CE2 appartenant au profil 2 (inclinaison de la marge)

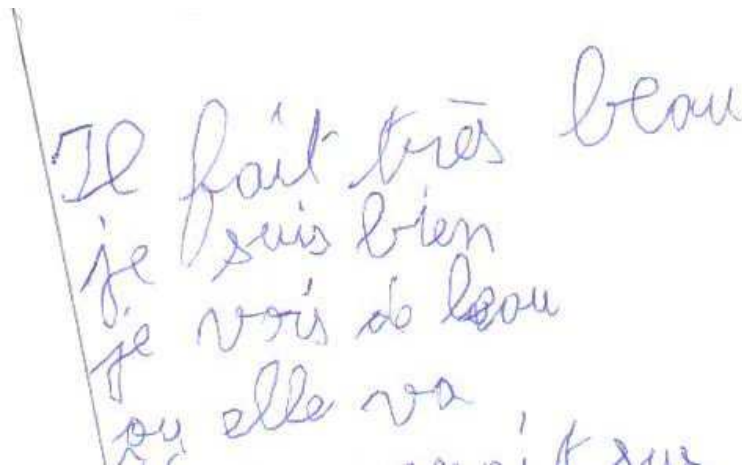


Il fait très beau  
je suis bien  
je voit de l'eau  
mais je ne sais pas  
où elle va

Exemple 4 : Copie de texte du BHK d'un garçon de 8;4 ans en CE2 appartenant au profil 2 (lignes non planes)

### Profil 3 : scripteurs avec programme moteur instable

Les enfants de ce profil ont une vitesse d'écriture moyenne et un niveau moyen pour le facteur « organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille ». Ils présentent un bon niveau pour le facteur « organisation spatiale des lettres dans le mot » et des difficultés pour les facteurs « formes et constance des lettres » et « réalisation motrice des lettres ». Ces deux derniers facteurs semblent indiquer une instabilité dans le programme moteur.



Il fait très beau  
je suis bien  
je vois de beau  
ou elle va

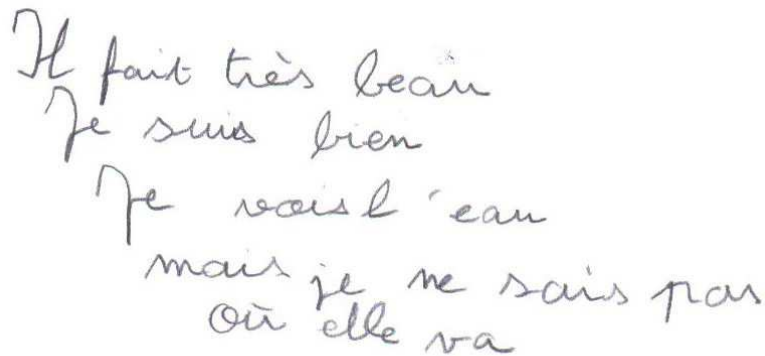
Exemple 5 : Copie de texte du BHK d'un garçon de 9;3 ans en CE2 appartenant au profil 3 (Écriture chaotique, distorsion des lettres, formes des lettres ambiguës et variation des lettres troncs)

Il fait très beau  
Je suis bien  
Je vois de l'eau  
Mais je ne sais pas  
où elle va

Exemple 6 : Copie de texte du BHK d'une fille de 11;3 ans appartenant au profil 3 (Ecriture grande)

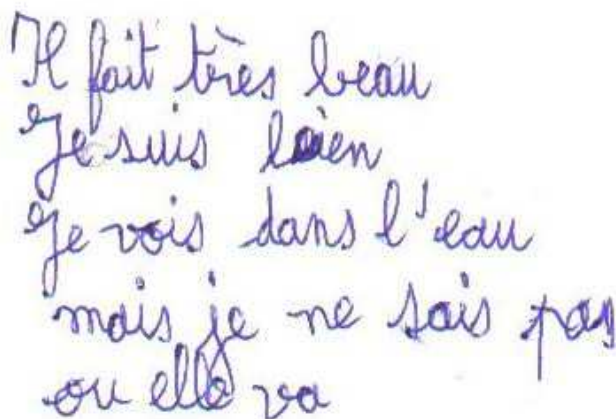
Profil 4 : scripteur changeant de stratégie de contrôle moteur

Les enfants de ce profil écrivent rapidement et ont un niveau moyen à trois facteurs « formes et constance des lettres », « réalisation motrice des lettres » et « organisation spatiale des lettres dans le mot » et ils présentent des difficultés au facteur « organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille ». Le changement de stratégie de contrôle a un impact sur la qualité de l'écriture, l'enfant accélère sa vitesse d'écriture, mais la qualité est lésée.



Il fait très beau  
Je suis bien  
Je vois l'eau  
mais je ne sais pas  
où elle va

Exemple 7 : Copie de texte du BHK d'un garçon de 8;9 ans en CE2 appartenant au profil 4  
(Inclinaison de la marge, lignes non planes)



Il fait très beau  
Je suis bien  
Je vois dans l'eau  
mais je ne sais pas  
où elle va

Exemple 8 : Copie de texte du BHK d'un garçon de 10;0 ans en CM1 appartenant au profil 4  
(Retouche des lettres, lignes non planes)



Profil 5 : scripteurs avec déficit en contrôle spatial local

Les enfants de ce profil écrivent à une vitesse moyenne et ils ont un bon niveau à trois facteurs « formes et constance des lettres », « réalisation motrice des lettres » et « organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille ». Ils présentent des difficultés au facteur « organisation spatiale des lettres dans le mot ».

Il fait très beau  
Je suis bien  
Je vois de l'eau  
mais je ne sais pas  
où elle va

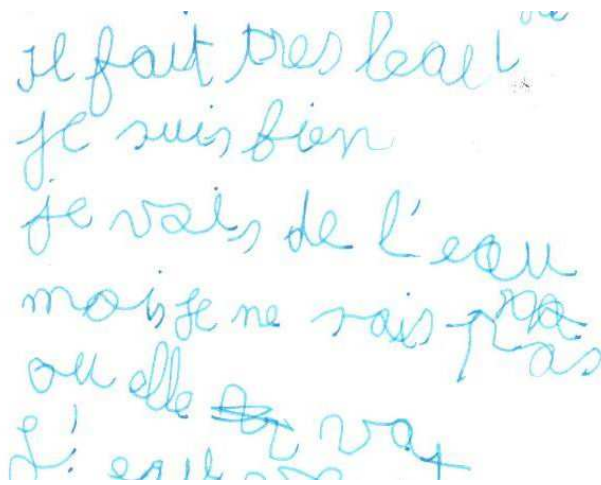
Exemple 9 : Copie de texte du BHK d'une fille de 7;11 ans en CE2 appartenant au profil 5 (Mots serrés, hauteur relative des lettres)

Il fait très beau  
je suis bien  
Je vois de l'eau  
mais je ne sais pas  
où elle va

Exemple 10 : Copie de texte du BHK d'un garçon de 8;7 ans en CE2 appartenant au profil 5 (Mots serrés, télescopages)

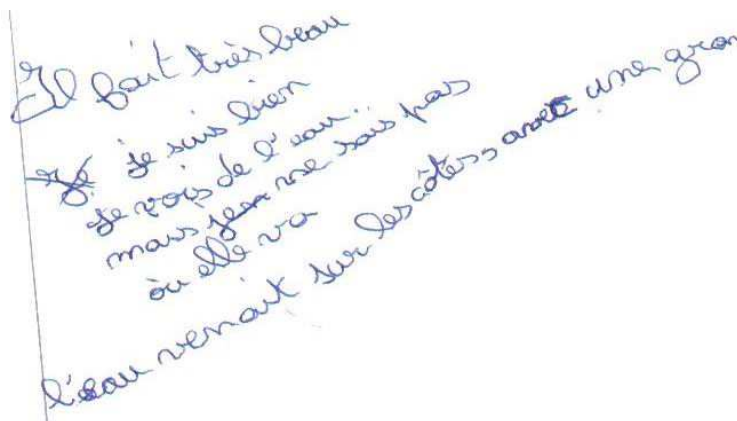
Profil 6 : scripteurs avec troubles de l'écriture

Les enfants de ce profil écrivent lentement et ils présentent des difficultés à tous les facteurs du BHK (« formes et constance des lettres », « réalisation motrice des lettres », « organisation spatiale des lettres dans le mot » et « organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille »). Ce groupe a un effectif très réduit et est composé majoritairement de garçons, ces enfants ont des troubles de l'écriture.



il fait très beau  
je suis bien  
je vais de l'eau  
mais je ne vais pas  
ou elle va  
L'eau venait sur les côtés avec une grenouille

Exemple 11 : Copie de texte du BHK d'un garçon de 10;5 ans en CE2 appartenant au profil 6 (Ecriture chaotique, forme des lettres ambiguës, variation dans la hauteur des lettres troncs, distorsion des lettres, mots serrés, hauteur relative des lettres, lignes non planes, liens entre les lettres)



il fait très beau  
je suis bien  
je vais de l'eau  
mais je ne vais pas  
ou elle va  
L'eau venait sur les côtés avec une grenouille

Exemple 12 : Copie de texte du BHK d'un garçon de 8;6 ans en CE2 appartenant au profil 6 (Ecriture chaotique, mots serrés, télescopes, lignes non planes, retouches de lettres, inclinaison de la marge et liens entre les lettres)

### C. Comparaisons des variables prédictives en fonction des profils de scripteurs

Les variables prédictives sont comparées en fonction des profils de scripteurs, ce qui permettra de comprendre l'origine des différences entre les profils. Nous faisons apparaître uniquement les variables qui présentent des différences significatives entre les profils. En effet l'orientation spatiale, les gnosies de la main dominante et de la main non dominante, le *tapping* simple des deux membres, les syncinésies lors de l'action des deux membres, la régulation tonique des deux membres, le rythme, l'efficacité motrice du membre non dominant, les cubes, la mémoire des chiffres en ordre direct, la compréhension verbale, les mouvements de main, les trois types d'estime (compétences scolaires et physiques, la valeur propre) ne présentent pas de différence significative entre les profils. Les comparaisons significatives entre les profils, réalisées à partir d'ANOVA de Kruskal-Wallis, sont présentées ci-après. Ces tests statistiques montrent des différences significatives entre les profils pour le *tapping* séquentiel de la main dominante et de la main non dominante, l'équilibre, l'efficacité motrice de la main dominante, la mémoire des chiffres en ordre inverse, les symboles et le test de Bender-Santucci. Les moyennes et des écarts-types centrés réduits des profils sont représentés sur la figure 12.

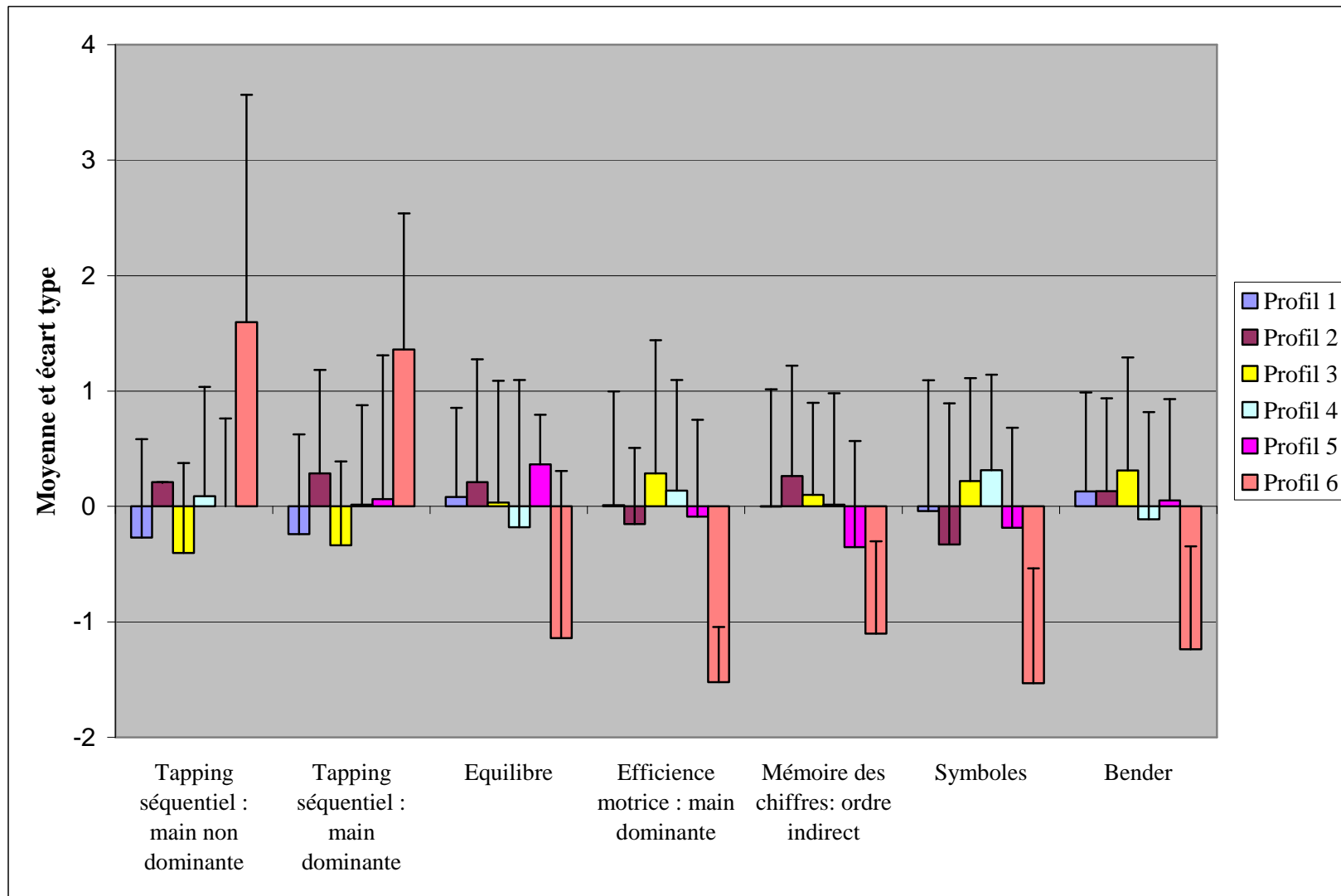


Figure 12 : Moyenne et écart-type des profils pour les variables prédictives présentant des différences significatives entre les profils

## 1. Différences entre les profils pour le *tapping* séquentiel

### a. La main dominante

Une ANOVA de Kruskal-Wallis montre qu'il existe des différences significatives de *tapping* séquentiel de la main dominante entre les profils ( $H(5, N=182)=15,85, p<.01$ ). Des tests de Mann Whitney, présentés dans le tableau 43, permettent de déterminer les différences entre les groupes deux à deux.

Tableau 43 : Comparaison statistique des six profils pour le *tapping* séquentiel de la main dominante avec des tests de Mann Whitney

		Profil 2☼	Profil 3☼	Profil 4☼	Profil 5☼	Profil 6☼
	Moyenne (écart-type)	37,07 (12,58)	29,72 (8,61)	33,88 (10,20)	34,45 (14,76)	49,79 (13,96)
Profil 1☼	30,84 (10,25)	$U=440,00,$ $z=-2,11^*$	$U=485,00,$ $z=-0,13$	$U=1270,50,$ $z=-1,59$	$U=482,00,$ $z=-0,81$	$U=40,00,$ $z=-3,03^{***}$
Profil 2☼	37,07 (12,58)	-	$U=134,00,$ $z=-1,92^*$	$U=557,50,$ $z=-0,93$	$U=394,00,$ $z=-1,12$	$U=25,00,$ $z=-2,37^*$
Profil 3☼	29,72 (8,61)	-	-	$U=388,00,$ $z=-1,46$	$U=155,00,$ $z=-0,73$	$U=8,00,$ $z=-3,07^{***}$
Profil 4☼	33,88 (10,20)	-	-	-	$U=528,50,$ $z=-0,37$	$U=47,00,$ $z=-2,88^{**}$
Profil 5☼	34,45 (14,76)	-	-	-	-	$U=15,00,$ $z=-2,74^{**}$

\*\*\* $p<.001$ , \*\* $p<.005$ , \*  $p<.05$

☼ Profil 1 : Scripteurs expérimentés, Profil 2 : scripteurs avec déficit du contrôle spatial global, Profil 3 : scripteurs avec programme moteur instable, Profil 4 : scripteurs changeant de stratégie de contrôle moteur, Profil 5 : scripteurs avec déficit en contrôle spatial local, Profil 6 : scripteurs avec troubles de l'écriture

Les enfants du profil 1 et 3 ont un meilleur score *tapping* séquentiel de la main dominante que ceux des profils 2 et 6. Les enfants du profil 6 ont un score plus faible à cette même épreuve que ceux des autres profils. Les autres profils ne présentent pas de différence.

b. La main non dominante

Une ANOVA de Kruskal-Wallis montre qu'il existe des différences significatives de *tapping* séquentiel de la main non dominante entre les profils ( $H(5, N=182)=15,85, p<.01$ ). Des tests de Mann Whitney, présentés dans le tableau 44, permettent de déterminer les différences entre les groupes deux à deux.

Tableau 44 : Comparaison statistique des six profils pour le *tapping* séquentiel de la main non dominante avec des tests de Mann Whitney

		Profil 2 <sup>☼</sup>	Profil 3 <sup>☼</sup>	Profil 4 <sup>☼</sup>	Profil 5 <sup>☼</sup>	Profil 6 <sup>☼</sup>
	Moyenne (écart-type)	35,07 (9,55)	28,56 (8,27)	33,80 (10,06)	32,85 (8,13)	49,83 (20,93)
Profil 1 <sup>☼</sup>	29,99 (9,04)	$U=449,00,$ $z=-2,10^*$	$U=454,00,$ $z=-0,63$	$U=1244,00,$ $z=-1,89$	$U=443,00,$ $z=-1,38$	$U=43,00,$ $z=-2,98^{***}$
Profil 2 <sup>☼</sup>	35,07 (9,55)	-	$U=128,00,$ $z=-2,08^*$	$U=590,00,$ $z=-0,58$	$U=412,00,$ $z=-0,68$	$U=37,00,$ $z=-1,72$
Profil 3 <sup>☼</sup>	28,56 (8,27)	-	-	$U=345,00,$ $z=-2,00^*$	$U=126,00,$ $z=-1,58$	$U=10,00,$ $z=-2,93^{**}$
Profil 4 <sup>☼</sup>	33,80 (10,06)	-	-	-	$U=558,00,$ $z=-0,02$	$U=61,00,$ $z=-2,55^{**}$
Profil 5 <sup>☼</sup>	32,85 (8,13)	-	-	-	-	$U=18,00,$ $z=-2,56^{**}$

\*\*\* $p<.001$ , \*\* $p<.01$ , \*  $p<.05$

<sup>☼</sup> Profil 1 : Scripteurs expérimentés, Profil 2 : scripteurs avec déficit du contrôle spatial global, Profil 3 : scripteurs avec programme moteur instable, Profil 4 : scripteurs changeant de stratégie de contrôle moteur, Profil 5 : scripteurs avec déficit en contrôle spatial local, Profil 6 : scripteurs avec troubles de l'écriture

Les enfants du profil 3 ont un meilleur score *tapping* séquentiel de la main non dominante que ceux des profils 2, 4 et 6. Les enfants du profil 1 et 4 ont un meilleur score à cette même épreuve que ceux des profils 2 et 6. Les enfants du profil 5 ont un meilleur score que ceux du profil 6.

## 2. Différences entre les profils pour l'équilibre

Une ANOVA de Kruskal-Wallis montre qu'il existe des différences significatives en équilibre entre les profils ( $H(5, N=182)=12,72, p<.05$ ). Des tests de Mann Whitney permettent de déterminer les différences entre les groupes deux à deux.

Seuls les enfants du profil 6 ( $M=1,17, e.t.=0,75$ ) présentent des scores inférieurs en équilibre à ceux du profil 1 ( $M=1,80, e.t.=0,40, U=83,50, z=-2,71, p<.05$ ), 2 ( $M=1,87, e.t.=0,34, U=30,50, z=-2,78, p<.05$ ) et 5 ( $M=1,95, e.t.=0,22, U=22,50, z=-3,33, p<.05$ ). Les enfants des profils 3 ( $M=1,78, e.t.=0,55$ ) et 4 ( $M=1,67, e.t.=0,66$ ) ne présentent pas de différences significatives avec les enfants des autres profils.

## 3. Différences entre les profils pour l'efficience motrice du membre dominant

Une ANOVA de Kruskal-Wallis montre qu'il existe des différences significatives en efficience motrice du membre dominant entre les profils ( $H(5, N=182)=15,44, p<.01$ ). Des tests de Mann Whitney permettent de déterminer les différences entre les groupes deux à deux.

Les enfants du profil 6 ( $M=13,67, e.t.=1,03$ ) présentent des scores inférieurs en efficience motrice à ceux des autres profils :

- ◆ profil 1 ( $M=16,96, e.t.=2,12, U=26,50, z=-3,40, p<.001$ ),
- ◆ profil 2 ( $M=16,61, e.t.=2,06, U=15,50, z=-2,91, p<.005$ ),

- ◆ profil 3 (M=17,50, e.t.=2,48,  $U=6,00$ ,  $z=-3,23$ ,  $p<.001$ ),
- ◆ profil 4 (M=17,23, e.t.=2,06,  $U=22,00$ ,  $z=-3,50$ ,  $p<.001$ ),
- ◆ profil 5 (M=16,75, e.t.=1,80,  $U=4,50$ ,  $z=-3,42$ ,  $p<.001$ ).

Il n'apparaît pas de différence entre les autres profils.

#### 4. Différences entre les profils pour la mémoire des chiffres en ordre inverse

Une ANOVA de Kruskal-Wallis montre qu'il existe des différences significatives en mémoire des chiffres en ordre inverse entre les profils ( $H(5, N=182)=11,69$ ,  $p<.05$ ). Des tests de Mann Whitney permettent de déterminer les différences entre les groupes deux à deux.

Les enfants du profil 6 (M=5,67, e.t.=1,37) présentent des scores inférieurs en mémoire des chiffres en ordre inverse à ceux des autres profils :

- ◆ profil 1 (M=7,75, e.t.=1,68,  $U=53,00$ ,  $z=-2,80$ ,  $p<.005$ ),
- ◆ profil 2 (M=8,00, e.t.=2,09,  $U=22,00$ ,  $z=-2,57$ ,  $p<.01$ ),
- ◆ profil 3 (M=7,72, e.t.=1,36,  $U=13,00$ ,  $z=-2,84$ ,  $p<.005$ ),
- ◆ profil 4 (M=7,58, e.t.=1,65,  $U=63,00$ ,  $z=-2,60$ ,  $p<.01$ ).

Il n'apparaît pas de différence entre les autres profils. Le profil 5 (M=6,95, e.t.=1,57) ne présente aucune différence avec les autres profils.

#### 5. Différences entre les profils pour les symboles

Une ANOVA de Kruskal-Wallis montre qu'il existe des différences significatives en symboles entre les profils ( $H(5, N=182)=21,16$ ,  $p<.001$ ). Des tests de Mann Whitney permettent de déterminer les différences entre les groupes deux à deux (*cf.* tableau 45).



Tableau 45 : Comparaison des six profils pour les symboles avec des tests de Mann Whitney

		Profil 2☼	Profil 3☼	Profil 4☼	Profil 5☼	Profil 6☼
	Moyenne (écart-type)	18,61 (4,64)	21,78 (5,15)	22,33 (4,77)	19,45 (4,99)	11,67 (5,75)
Profil 1☼	20,29 (6,53)	$U=526,00,$ $z=-1,28$	$U=451,50,$ $z=-0,66$	$U=1315,50,$ $z=-1,61$	$U=494,50,$ $z=-0,77$	$U=50,00,$ $z=-2,81^*$
Profil 2☼	18,61 (4,64)	-	$U=133,50,$ $z=-1,94^*$	$U=375,00,$ $z=-2,99^{**}$	$U=489,50,$ $z=-0,40$	$U=22,00,$ $z=-2,54^{**}$
Profil 3☼	21,78 (5,15)	-	-	$U=481,00,$ $z=-0,40$	$U=128,00,$ $z=-1,53$	$U=8,50,$ $z=-3,04^{***}$
Profil 4☼	22,33 (4,77)	-	-	-	$U=368,00,$ $z=-2,35^*$	$U=18,50,$ $z=-3,58^{***}$
Profil 5☼	19,45 (4,99)	-	-	-	-	$U=16,00,$ $z=-2,69^{**}$

\*\*\* $p<.001$ , \*\* $p<.01$ , \*  $p<.05$

Les enfants du profil 4 présentent de meilleurs scores que ceux des profils 2, 5 et 6. Les enfants du profil 3 présentent de meilleurs scores que ceux des profils 2 et 6. Les enfants du profil 6 présentent des résultats inférieurs à ceux de tous les autres profils.

## 6. Différences entre les profils pour le test de Bender-Santucci

Une ANOVA de Kruskal-Wallis montre qu'il existe des différences significatives au test de Bender-Santucci entre les profils ( $H(5, N=182)=15,44, p<.01$ ). Des tests de Mann Whitney permettent de déterminer les différences entre les groupes deux à deux.

☼Profil 1 : Scripteurs expérimentés, Profil 2 : scripteurs avec déficit du contrôle spatial global, Profil 3 : scripteurs avec programme moteur instable, Profil 4 : scripteurs changeant de stratégie de contrôle moteur, Profil 5 : scripteurs avec déficit en contrôle spatial local, Profil 6 : scripteurs avec troubles de l'écriture

Les enfants du profil 6 (M=38,00, e.t.=9,70) présentent des scores inférieurs au test de Bender-Santucci que tous les autres profils :

- ◆ profil 1 (M=52,84, e.t.=9,30,  $U=43,50$ ,  $z=-2,97$ ,  $p<.001$ ),
- ◆ profil 2 (M=52,87, e.t.=10,70,  $U=19,00$ ,  $z=-2,69$ ,  $p<.01$ ),
- ◆ profil 3 (M=54,83, e.t.=10,61,  $U=12,00$ ,  $z=-2,80$ ,  $p<.005$ ),
- ◆ profil 4 (M=50,53, e.t.=10,18,  $U=61,50$ ,  $z=-2,57$ ,  $p<.01$ ),
- ◆ profil 5 (M=52,00, e.t.=9,54,  $U=16,50$ ,  $z=-2,65$ ,  $p<.01$ ).

Il n'apparaît pas de différence entre les autres profils.

Le profil 6 présente un niveau inférieur aux cinq autres profils pour toutes ces épreuves. Ce sont donc les différences entre les cinq profils tout-venant qui sont présentés pour les cinq premiers profils.

#### Profil 1 : scripteurs expérimentés

Ces enfants présentent de bonnes performances en *tapping*, mais ne diffèrent pas significativement des autres groupes pour l'équilibre, l'efficiences motrice, la mémoire des chiffres en ordre inverse, les symboles et le test de Bender-Santucci.

#### Profil 2 : scripteurs avec déficit du contrôle spatial global

Ces enfants ne diffèrent pas significativement des autres groupes pour l'équilibre, l'efficiences motrice, la mémoire des chiffres en ordre inverse et le test de Bender-Santucci. Ils rencontrent des difficultés avec le *tapping* et les symboles.

Profil 3 : scripteurs avec programme moteur instable

Ces enfants présentent de bonnes performances en *tapping* et en symboles. Ils ne diffèrent pas des autres groupes pour l'équilibre, l'efficacité motrice, la mémoire des chiffres en ordre inverse et le test de Bender-Santucci.

Profil 4 : scripteurs changeant de stratégie de contrôle moteur

Ces enfants présentent de bonnes performances en symboles et ne diffèrent pas des autres groupes pour le *tapping*, l'équilibre, l'efficacité motrice, la mémoire des chiffres en ordre inverse et le test de Bender-Santucci.

Profil 5 : scripteurs avec déficit en contrôle spatial local

Ces enfants présentent un bon équilibre et ne diffèrent pas des autres groupes pour le *tapping*, l'efficacité motrice, la mémoire des chiffres en ordre inverse et le test de Bender-Santucci. Ils rencontrent des difficultés en symboles.

Profil 6 : scripteurs avec troubles de l'écriture

Ces enfants présentent des difficultés dans tous ces domaines : *tapping*, équilibre, efficacité motrice, mémoire des chiffres en ordre inverse, symboles et test de Bender-Santucci. Les écarts-types importants pour chacune de ces compétences indiquent une variabilité importante entre ces enfants.

## **DISCUSSION PREMIERE ETUDE**

D'abord, les noms des sept processus des variables prédictives mis en évidence par la factorisation seront expliqués et mis en lien avec les trois processus sous-jacents psychomoteurs, cognitifs et conatifs. Ensuite, la plurifactorialité de l'écriture sera discutée et expliquée. Puis, nous aborderons l'influence de l'âge, de la posture et du sexe sur l'écriture. Enfin, nous analyserons les profils de scripteurs tout-venant.

### **I. Les processus mesurés par les variables prédictives**

Nous avons précédemment évoqué trois processus sous-jacents : psychomoteurs, cognitifs et conatifs explicatifs de la qualité de l'écriture. Comme l'a montré la figure 1 (*cf.* p. 63) dans la synthèse théorique, ces trois processus sous-jacents s'imbriquent. L'analyse factorielle des variables prédictives permet d'éclaircir cette intrication. Ainsi, l'analyse a montré l'existence de sept facteurs et avait pour objectif de déterminer la façon dont les processus sous-jacents interviennent dans l'écriture. C'est pourquoi nous avons effectué une analyse factorielle de l'ensemble des variables prédictives pour opérationnaliser les compétences qui interviennent dans l'écriture. Nous allons détailler ces sept facteurs :

- 1- Le facteur « représentation mentale » comprend des compétences cognitives comme le rythme, la mémoire de travail, les praxies visuo-constructives, les praxies idéomotrices et l'organisation perceptive graphique. Ces compétences utilisent un processus de représentation mentale, le sujet transforme les stimuli verbaux ou non, afin de se les approprier et de les reproduire ensuite. Par exemple, lors de la reproduction des structures rythmiques de Stambak, certains enfants créaient une représentation spatiale des stimuli

sonores. Nous avons pu l'observer à la manière dont ils organisaient leurs frappes sur la table : lorsque les enfants reproduisaient des structures rythmiques rapides, les frappes étaient proches spatialement, quand le rythme était lent, les enfants espaçaient leurs frappes sur la table. Les enfants réalisaient donc une représentation mentale spatiale des stimuli sonores, afin d'en faciliter la reproduction. A l'image du rythme, l'ensemble des compétences qui composent ce facteur fait appel à des processus de représentation mentale et de transformation des stimuli afin de réaliser les épreuves.

- 2- Le facteur « compétences visuo-motrices » est composé de compétences telles que l'équilibre, les coordinations oculo-manuelles, la vitesse de traitement, le déliement digital et la dextérité manuelle. Ces compétences reposent sur un traitement de l'information visuelle afin de réaliser une tâche motrice. Ce traitement de l'information visuelle repose sur des compétences cognitives comme la perception, la mémoire ou l'attention. Ce traitement de l'information doit sélectionner les informations visuelles pour s'adapter et ensuite réaliser la tâche demandée au sujet. Ensuite, avec l'augmentation de la difficulté des tâches, les enfants doivent automatiser la recherche d'informations pour accélérer la réalisation de la tâche. Par exemple, pendant l'épreuve « symboles », nous avons pu observer des stratégies différentes : certains enfants faisaient des allers-retours avec le regard entre les symboles, d'autres observaient attentivement les deux premiers symboles et ensuite étudiaient les symboles suivants. Nous avons pu constater, pendant les premiers items, que les enfants changeaient de techniques d'observation, puis ils adoptaient une technique pour la suite et ils accéléraient progressivement. La majorité des épreuves qui composent ce facteur nécessite d'abord une recherche de technique d'analyse visuelle, puis une automatisation de l'analyse

visuelle, et enfin une automatisation de cette technique d'analyse visuelle. Seul l'équilibre fait appel à la vision uniquement dans un but de *feedback*.

- 3- Le facteur « schéma corporel » est une « représentation plus ou moins consciente du corps - en action ou immobile -, de sa position dans l'espace ainsi que la posture des différents segments corporels » (Pailhous, Jouen & Postel, 1997, p. 1140 *in* Bloch *et al.*, *op. cit.*). Cette représentation qui repose sur l'intégration de l'ensemble des informations sensorielles, permet au sujet de connaître son organisation posturale en permanence et l'orientation de son corps dans l'espace. Ces repères sont essentiels à l'organisation et à la structuration du geste.

Ces trois facteurs (« schéma corporel », « compétences visuo-motrices », « représentation mentale ») recouvrent à la fois les processus psychomoteurs et cognitifs. En effet, chacun de ces facteurs fait appel à des compétences cognitives pour la réalisation d'un acte moteur ou l'analyse d'informations corporelles.

- 4- Le facteur « estime de soi » est le facteur conatif de notre recherche et recouvre parfaitement la définition proposée précédemment, qui précise que ce facteur appartient aux processus cognitifs et affectifs, notamment.
- 5- Le facteur « coordinations digitales » implique une action coordonnée du pouce et de l'index et une inhibition des trois autres doigts. La même configuration motrice apparaît lors de l'écriture : l'index et le pouce induisent le mouvement du crayon, quand le majeur sert de support au crayon. Le majeur n'est pas pour autant immobile, son mouvement est induit par le mouvement du crayon. Enfin, l'annulaire et l'auriculaire servent d'appui sur le plan scripteur. Ces trois derniers doigts n'ont pas de rôle dans le guidage de l'outil, il est donc important que les mouvements de ces doigts puissent être dissociés des deux

autres. Les capacités d'inhibition ou d'activation du mouvement appartiennent essentiellement aux compétences motrices.

6- Le facteur « régulation tonique » est fortement lié au contrôle musculaire qui est à la base de la motricité volontaire.

7- Le facteur « maturation neurologique » est composé du niveau de syncinésies des enfants, les syncinésies diminuent fortement entre 8 et 12 ans. Grâce à ce facteur, nous observons les conséquences de la maturité neurologique sur la motricité.

Nous avons émis l'hypothèse que l'écriture se situe à l'intersection d'au minimum trois processus sous-jacents : psychomoteurs, cognitifs et conatifs (*cf.* Figure 1 p. 63). A la lumière de cette analyse factorielle, nous proposons que l'écriture soit au croisement des trois processus sous-jacents, eux-mêmes intriqués les uns dans les autres de la façon suivante :

- ◆ les processus psychomoteurs qui se situent au croisement des processus cognitifs et des compétences motrices avec les facteurs « représentation mentale », « compétences visuo-motrices » et « schéma corporel » ;
- ◆ les processus conatifs qui sont liés aux processus cognitifs avec le facteur « estime de soi » ;
- ◆ les compétences motrices où seules la maturation neurologique et la programmation motrice simple sont observées avec les facteurs « coordinations digitales », « régulation tonique » et « maturation neurologique ».

La figure 13 montre la répartition des processus mesurés dans les sept facteurs des processus sous-jacents.

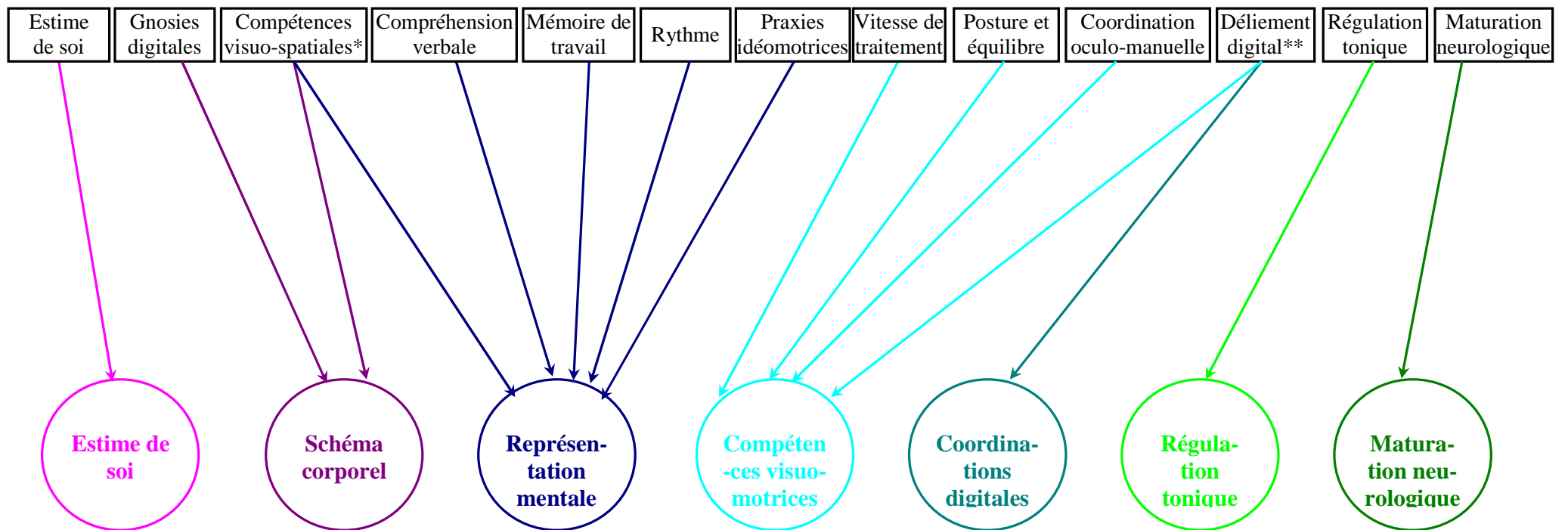


Figure 13 : Répartition des compétences mesurées en processus sous-jacents

\*Compétences visuo-spatiales : Orientation spatiale, praxies visuo-spatiales et organisation perceptive graphique

\*\*Déliement digital : coordination pouce/index et coordination/dissociation des doigts



## II. La plurifactorialité de l'écriture

Suite à l'analyse factorielle que nous avons réalisée sur les scores aux différents items du BHK, les compétences académiques scolaires de l'écriture mesurées par ce test se composent de quatre facteurs (« formes et constance des lettres », « réalisation motrice des lettres », organisation spatiale des lettres dans le mot », « organisation spatiale de l'écriture dans la feuille ») que nous pouvons mettre en lien avec la programmation motrice de l'écriture. Nos facteurs diffèrent complètement de ceux de Peeples *et al.* (1991), car les critères d'étude de l'écriture sont eux-mêmes différents. Six items du BHK sont comparables à six de l'échelle utilisés par Mojet (1991). Nos items présentent une répartition dans les facteurs différente de celle de Mojet. La plurifactorialité de l'écriture ne fait aucun doute suite à ces recherches (celles de Peeples *et al.*, Mojet et la nôtre), mais cette répartition en facteurs est très dépendante des critères choisis. Un nombre plus important de critères semble indispensable, afin de percevoir toute l'envergure de la plurifactorialité du processus global qu'est l'écriture.

Nous allons revenir sur les analyses de régression réalisées sur les quatre facteurs du BHK. Nous expliquerons et justifierons ces analyses statistiques.

Les deux premiers facteurs obtenus par l'analyse factorielle, « formes et constance des lettres » et « réalisation motrice des lettres », paraissent correspondre à la première étape « le programme moteur » (*cf.* p. 19) définie par Graham, Stuck, Santoro et Berninger (2006) :

Le facteur « formes et constance des lettres » serait en lien avec le programme moteur portant sur des unités motrices courtes : les lettres. L'ajout de traits, la déformation des traits, la confusion des lettres, ainsi que la variation de la taille des lettres mettent en évidence un programme moteur instable pour chacune des lettres. Ce facteur est influencé par le traitement de

l'information sociale, la vitesse de traitement, l'équilibre et l'estime de soi concernant les compétences scolaires. Les trois items du BHK qui appartiennent à ce facteur ne sont pas influencés par les mêmes compétences cognitives, conatives ou psychomotrices que les facteurs :

- ◆ « forme des lettres ambiguë » (la confusion des lettres) est influencé par le traitement de l'information sociale (compréhension verbale). Une mauvaise analyse et/ou compréhension du fonctionnement de son environnement empêcherait l'enfant de comprendre l'intérêt de l'écrit ou de prêter attention aux détails importants qui différencient chaque lettre ;
- ◆ « variation dans la hauteur des lettres troncs » (la constance de la taille des lettres) est influencé par la vitesse de traitement et l'estime de soi concernant les compétences scolaires. Une analyse de l'information rapide (symboles) permettrait à l'enfant de calibrer la taille de ses lettres de façon constante. Ce calibrage nécessiterait un bon niveau de confiance en soi (avec une bonne estime de soi), qui permettrait à l'enfant de garder constant son geste ;
- ◆ « distorsion des lettres » (la déformation des lettres) est influencé par l'équilibre et l'estime de soi concernant les compétences physiques. Comme nous l'avons vu précédemment, de nombreux auteurs (Ajuriaguerra & Auzias, 1956 ; Bullinger, 2003 ; Lurçat, 1985) ont affirmé qu'un équilibre instable empêche la réalisation du programme moteur, car le programme moteur ne peut être mené à bien que dans la condition où seuls les segments corporels nécessaires aux mouvements bougent. Or, lors d'un équilibre précaire, l'enfant doit se concentrer sur la stabilité de sa posture et ne peut activer le programme moteur en entier. Une certaine confiance dans ses capacités motrices permettrait à l'enfant d'avoir une posture plus stable.

La variance du facteur est expliquée par les mêmes compétences qui interviennent sur les items qui le composent. Ces compétences appartiennent à ce facteur et les trois items cités ci-dessus appartiennent aux facteurs « représentation mentale », « compétences visuo-motrices » et « estime de soi ».

La « réalisation motrice des lettres » pourrait être liée au programme moteur qui unit les unités motrices (les lettres) entre elles : les mots ou les syllabes. En effet, la taille de l'écriture s'accroît avec la difficulté (construction du programme moteur, augmentation de la vitesse, changement de stratégies, *etc.*), le freinage du geste est anticipé lorsque le geste est automatisé et la fluidité du mouvement indique que les différents traits d'une lettre, puis d'une syllabe et ensuite d'un mot, forment une unité motrice. La « réalisation motrice des lettres » subit l'influence de deux compétences : l'organisation perceptive graphique et la coordination oculo-manuelle de la main dominante. C'est le seul facteur de l'écriture qui soit corrélé avec l'âge, il s'inscrit donc dans une perspective développementale. Les trois items du BHK qui appartiennent à ce facteur ne sont pas influencés par les mêmes compétences :

- ◆ « écriture grande » (la taille de l'écriture) est influencé par la mémoire de travail avec effet de récence. Plus l'enfant a une bonne mémoire de travail, plus il mémorise de longues portions de phrase, ce qui lui permet de faire moins d'allers-retours entre le texte à copier et sa feuille : la difficulté diminuant, la taille de l'écriture diminue ;
- ◆ « hésitations et tremblements » (la fluidité du mouvement) est influencé par l'âge, il subit l'influence de l'âge car la fluidité du mouvement est liée à l'entraînement et l'automatisation de l'écriture qui permettent à l'enfant d'avoir une trace écrite plus ferme ;

- ◆ « écriture chaotique » (le freinage du geste d'écriture irrégulier) est influencé par la coordination oculo-manuelle de la main dominante, l'équilibre et les gnosies digitales de la main non dominante. Dans ce facteur, il s'agit pour l'enfant de créer des liens entre les unités motrices. Avant que ces liens soient programmés au niveau central, l'enfant semble faire appel au contrôle local du geste : le *feedback* serait alors visuel. Lorsqu'une posture est instable (manque d'équilibre), l'ensemble du corps bouge, même si le programme moteur est adapté à la demande, l'enfant ne peut freiner son geste à temps, car il est emporté par le poids de son corps. Une bonne connaissance topographique du corps (gnosies digitales) favorise un meilleur contrôle. Le fait que cette compétence soit observée sur la main non dominante semble indiquer une indifférenciation de l'acquisition de la compétence par rapport à la latéralité, généralisable à tout le corps et non liée à un apprentissage local. Lorsque les enfants présentent des difficultés dans cette compétence, quel que soit l'hémicorps étudié, des répercussions sur l'écriture seront observées.

En ce qui concerne la coordination oculo-manuelle de la main dominante, son influence sur le facteur paraît être liée à l'item écriture chaotique. Pour l'organisation perceptive graphique, l'explication se trouve dans le fait de percevoir ou non le mot ou la figure géométrique comme une *Gestalt* ou comme une juxtaposition d'unités (lettres ou formes géométriques). Dans ce facteur, l'enfant a franchi une étape lorsqu'il perçoit le mot comme une unité motrice et non plus comme une succession de lettres. Les compétences qui interviennent dans ce facteur et ces items appartiennent aux facteurs « représentation mentale », « compétences visuo-motrices » et « schéma corporel ».

Les deux facteurs suivants, « organisation spatiale des lettres dans le mot » et « organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille », feraient référence à la deuxième étape de Graham *et al.* (2006), à savoir l'« étape des réglages des paramètres de l'organisation visuo-spatiale » (*cf.* p.19) :

Le facteur « organisation spatiale des lettres dans le mot » mettrait en évidence les mécanismes de *feedbacks* locaux du contrôle rétroactif de l'écriture. En effet, l'espacement entre les mots, l'inclinaison des lettres et la constance de la taille des lettres nécessitent un contrôle moteur distal important, doigts et poignet (Paillard, 1990), s'appuyant sur un *feedback* principalement tactilo-kinesthésique, mais aussi visuel. Les trois items du BHK qui appartiennent à ce facteur ne sont pas influencés par les mêmes compétences :

- ◆ « mots serrés » (l'espace inter-mots) est influencé par l'organisation spatiale graphique, la mémoire de travail avec effet de récence et la coordination oculo-manuelle. L'organisation spatiale graphique observe la relation spatiale entre les éléments, notamment, cette compétence s'applique ici à un signe absent : le vide laissé entre les mots. L'enfant doit se représenter ce vide comme un élément indispensable, sinon cet espace disparaît et les mots sont collés. La mémoire de travail avec effet de récence fait appel à un contrôle attentionnel important nécessaire à l'agencement spatial des lettres. La coordination oculo-manuelle met en évidence l'utilisation du *feedback* visuel utilisé dans le contrôle local du geste ;
- ◆ « télescopages » (l'interpénétration des lettres) est influencé par le rythme, la vitesse de traitement et la coordination oculo-manuelle. La gestion du rythme fait appel à une représentation visuo-spatiale, les sons sont symbolisés puis agencés spatialement par l'enfant afin d'être reproduit avec plus d'aisance (*cf.* p. 162-163). Cette représentation

spatiale que l'enfant se fait d'un stimulus sonore pourrait être réalisée de façon identique avec le langage. Une représentation visuo-spatiale du langage instable pourrait engendrer des télescopages entre les lettres. Une analyse de l'information visuelle rapide permet à l'enfant de séparer distinctement chaque lettre, ceci est à mettre en lien avec le contrôle visuel local : plus il est rapide, plus les lettres sont distinctes les unes des autres. La coordination oculo-manuelle met en évidence l'utilisation du *feedback* visuel utilisé dans le contrôle local du geste ;

- ◆ « hauteur relative des lettres » (le respect de la différence de taille entre les petites et les grandes lettres) est influencé par le déliement digital de la main dominante. Selon Paillard (*op. cit.*) et Van Galen (1991), les traits verticaux de l'écriture sont réalisés par les mouvements des doigts : plus le déliement digital est agile, fin et précis, plus la taille des traits verticaux est différenciée. Le déliement digital met en évidence le *feedback* tactilo-kinesthésique du contrôle du geste.

Le facteur est influencé par les mêmes compétences que les items qui le composent. Les facteurs « représentation mentale » et « compétences visuo-motrices » influencent ce facteur de l'écriture. Ce facteur met donc en évidence les mécanismes de *feedback*, à la fois visuels et tactilo-kinesthésiques qui permettent un contrôle local (comme défini par Lurçat p. 8, 1985) de l'organisation spatiale de l'écriture (Zesiger, 1995).

Le facteur « organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille » met en évidence les mécanismes de *feedbacks* visuels globaux du contrôle proactif de l'écriture. En effet, les contraintes de l'écriture : la constance de la marge, la rectitude de la ligne d'écriture, le manque de liaison entre les lettres dans le mot et la correction de la forme des lettres nécessitent d'avoir une représentation visuo-spatiale globale de la page d'écriture et un contrôle qui anticipe le

mouvement et seule l'anticipation du regard le permet. Paillard (*op. cit.*) l'a effectivement montré avec ses travaux sur l'écriture chez l'adulte dont la vision a été masquée (p. 33). Les quatre items du BHK qui appartiennent à ce facteur ne sont pas influencés par les mêmes compétences, en effet :

- ◆ « inclinaison de la marge vers la droite » (la constance de la marge) est influencé par l'âge. L'effet de l'âge peut s'expliquer par le changement de stratégie (passage d'un contrôle rétroactif à un contrôle proactif) décrit par Zesiger (*op. cit.*), ce changement permettant à l'enfant d'agencer spatialement son écriture parce qu'il a moins à se concentrer sur son geste d'écriture qui s'automatise : le positionnement de la main dans la feuille est guidé par le regard qui n'a plus à vérifier la trace écrite et peut donc se consacrer au guidage spatial ;
- ◆ « lignes non planes » (la rectitude de la ligne d'écriture) est influencé par la vitesse de traitement, la coordination oculo-manuelle de la main dominante et les gnosies digitales du membre dominant. Nous avons évoqué précédemment le fait que ces items mesurent le processus proactif, la vision a un rôle dans l'agencement spatial de l'écriture. En effet, l'analyse de l'information visuelle, si elle est rapide et efficace, permet à l'enfant de se corriger spatialement, au fur et à mesure de la ligne d'écriture, afin que les lettres restent parfaitement alignées. Sans une coordination oculo-manuelle adaptée, cette correction est impossible. Une bonne connaissance topographique de la main sans support visuel permet de positionner la main de façon optimale dans la feuille par rapport à la ligne et ainsi d'utiliser sa vue pour la correction spatiale ;

- ◆ « liens » (le manque de liaison entre les lettres dans le mot) est influencé par le traitement du langage (compréhension verbale) qui semble avoir un rôle important dans cet item. En effet, si l'enfant ne comprend pas le sens du mot et de la phrase qu'il écrit, il lèvera le stylo plus fréquemment pour lire le texte à copier. Par ailleurs, nous retrouvons dans cet item une différence intersexe importante, probablement liée à la personnalisation de l'écriture plus précoce chez les filles (Hamstra-Bletz & Blöte, 1990) ;
- ◆ « lettres retouchées » (la correction de la forme des lettres) n'est influencé par aucun des processus de cette recherche. Les influences doivent être recherchées parmi d'autres compétences que celles mesurées dans cette recherche.

Le facteur est influencé par les mêmes compétences que les items qui le composent. Un seul facteur « compétences visuo-motrices » (vitesse de traitement et coordination oculo-manuelle de la main dominante) influence le facteur, qui met donc en évidence les mécanismes de *feedback*, à la fois visuels et tactilo-kinesthésiques qui permettent un contrôle global (comme défini par Lurçat, *op. cit.*) de l'organisation spatiale de l'écriture (Zesiger, *op. cit.*). L'anticipation du regard par rapport à la main permet un agencement spatial optimal, grâce à un guidage de la main en amont. Mais les compétences influençant les items qui composent ce facteur indiquent l'importance du facteur « schéma corporel », à savoir une bonne connaissance et perception du corps, afin que le scripteur se consacre à l'analyse de l'information visuelle. Autrement dit, l'analyse de l'information visuelle s'appuie sur l'automatisation du mouvement qui, elle-même, est construite grâce à la perception tactilo-kinesthésique.



Comme nous venons de le constater, seuls les facteurs « représentation mentale », « compétences visuo-motrices », « estime de soi » et « schéma corporel » expliquent la variance des notes qualitatives au BHK chez les enfants de 8 à 12 ans. Ainsi, nos résultats font apparaître de grandes différences entre les analyses portant sur la qualité et celles portant sur la vitesse d'écriture. En effet, les régressions effectuées pour prédire les variables liées à la qualité de l'écriture aboutissent généralement à des parts de variance expliquées de l'ordre de quelques pourcents par prédicteur et de l'ordre d'une dizaine de pourcents pour les modèles complets. En revanche, celles effectuées sur la vitesse d'écriture parviennent à expliquer 57% de la variance, dont 44% sont expliqués par les deux premiers prédicteurs : 28% pour l'âge et 16% pour la vitesse de traitement. Ce contraste est vraisemblablement lié à la sensibilité des différents items du BHK. En effet, pour la qualité d'écriture, la note varie entre 0 et 5 pour chacun des items, et entre 0 et 15 ou 20 pour chacun des facteurs, tandis que la vitesse a une variabilité beaucoup plus importante (entre 82 et 411 caractères tracés en cinq minutes dans notre échantillon). De plus, l'objectif du BHK est de dépister les troubles de l'écriture ; sa sensibilité à discriminer les caractéristiques de l'écriture d'enfants tout-venant, qui se différencient peu entre eux, semble donc limitée. Une échelle avec une amplitude de points plus importante pourrait répondre aux besoins de l'étude de l'enfant tout-venant. De plus, rechercher l'influence d'autres compétences non mesurées (production et compréhension du langage, moi scolaire, *etc.*) dans cette recherche permettrait de compléter les connaissances sur les processus sous-jacents à l'écriture des enfants âgés de 8 à 12 ans. Nous reviendrons plus loin (*cf.* p. 187) sur cette hypothèse interprétative mettant en cause la sensibilité du BHK.

La figure 14 montre les liens entre les processus mesurés et les 13 items du BHK.

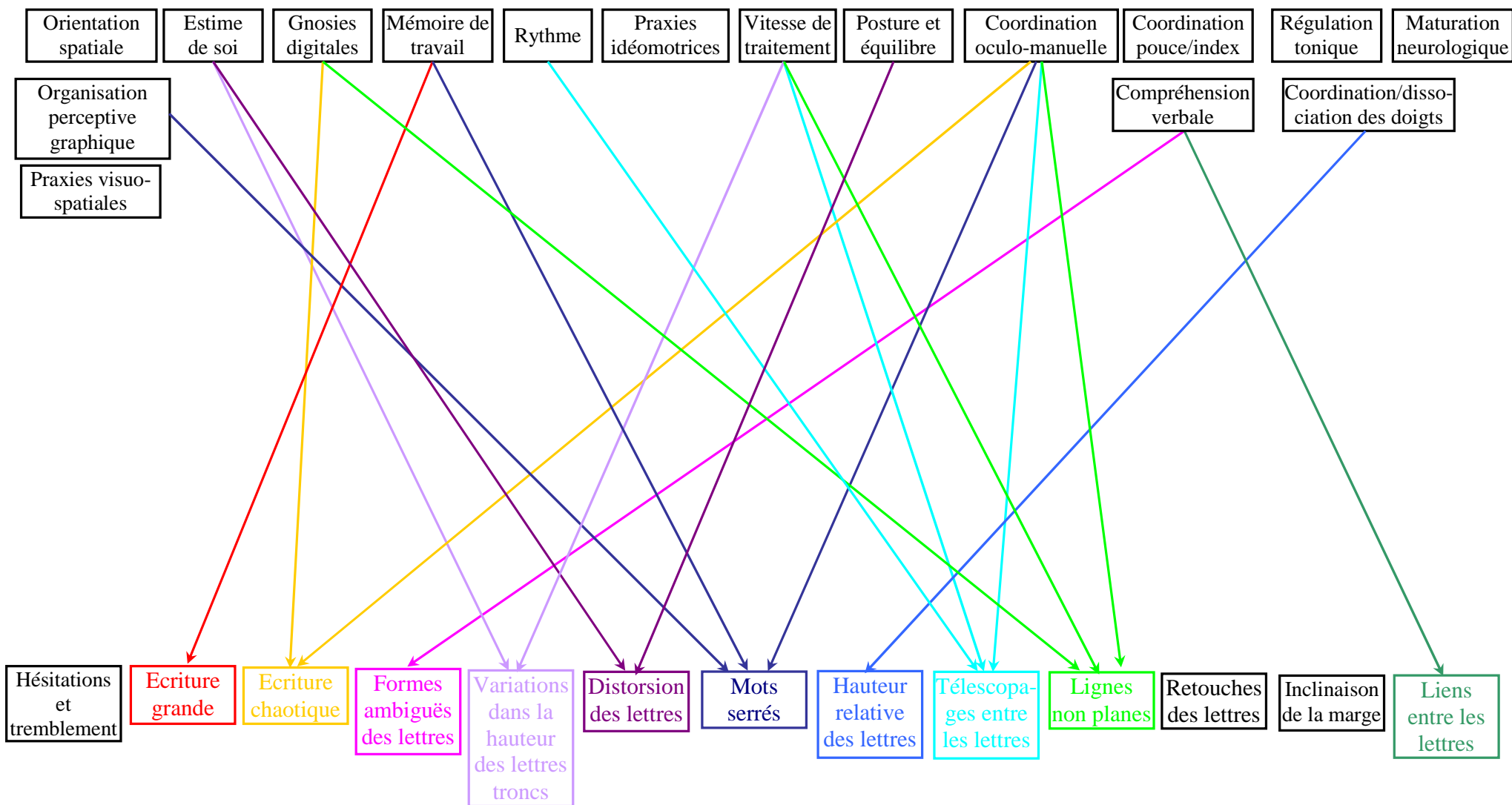


Figure 14 : Influence des processus mesurés sur les items du BHK

### **III. La vitesse d'écriture**

La vitesse est la variable la mieux expliquée de toutes les variables d'écriture issues du BHK. Seule cette variable de l'écriture s'inscrit clairement dans une perspective développementale, car l'âge chronologique explique plus du quart de sa variance, ce qui indique que la pratique, superposée au développement neuromoteur (maturation neurologique) de l'individu, est la meilleure explication de l'augmentation de la vitesse de l'écriture avec l'âge. La vitesse de traitement, évaluée au moyen de l'épreuve des symboles de l'échelle de Wechsler, dont la composante graphomotrice est très limitée, a également une influence importante et indépendante de l'âge. Cet aspect est vraisemblablement lié aux différences de vitesse de traitement existant entre des individus du même âge chronologique. Enfin, l'estime de soi concernant les compétences physiques et scolaires, le déliement digital de la main dominante, les praxies visuo-constructives et la mémoire de travail avec effet de récence contribuent significativement à la variance de la vitesse d'écriture, même si c'est dans une moindre mesure. En ce qui concerne l'estime de soi, nous pensons qu'une plus grande confiance en soi permet à l'enfant de réduire son angoisse ou sa peur de l'échec et donc de se consacrer plus librement à la tâche à réaliser. Quant au déliement digital, nous pouvons supposer que la bonne coordination et dissociation des doigts de la main scriptitrice rend le geste d'écriture plus efficace et plus rapide. Le rôle des praxies visuo-constructives dans la vitesse d'écriture peut s'expliquer par la vitesse de traitement de la composante visuo-constructive, contrôlée par l'utilisation du temps dans l'évaluation de ces deux épreuves : les cubes et la vitesse d'écriture. Le rôle de la mémoire de travail dans la vitesse d'écriture semble lié au fait que l'enfant qui mémorise de plus grands empan de phrases devra moins souvent relever la tête, en réduisant ainsi les allers-retours du regard entre le modèle et la copie, il passe plus de temps à écrire, il écrit ainsi plus de caractères.

Les compétences qui ont une influence sur la vitesse d'écriture appartiennent à trois facteurs : « représentation mentale », « compétences visuo-motrices » et « estime de soi ».

La figure 15 reprend la figure 1 (p. 63) qui résumait nos hypothèses sur les liens entre les facteurs et la vitesse d'écriture et les processus mesurés. Sur la figure 15, nous montrons les liens entre l'écriture et les processus mesurés que nous avons observés dans cette recherche.

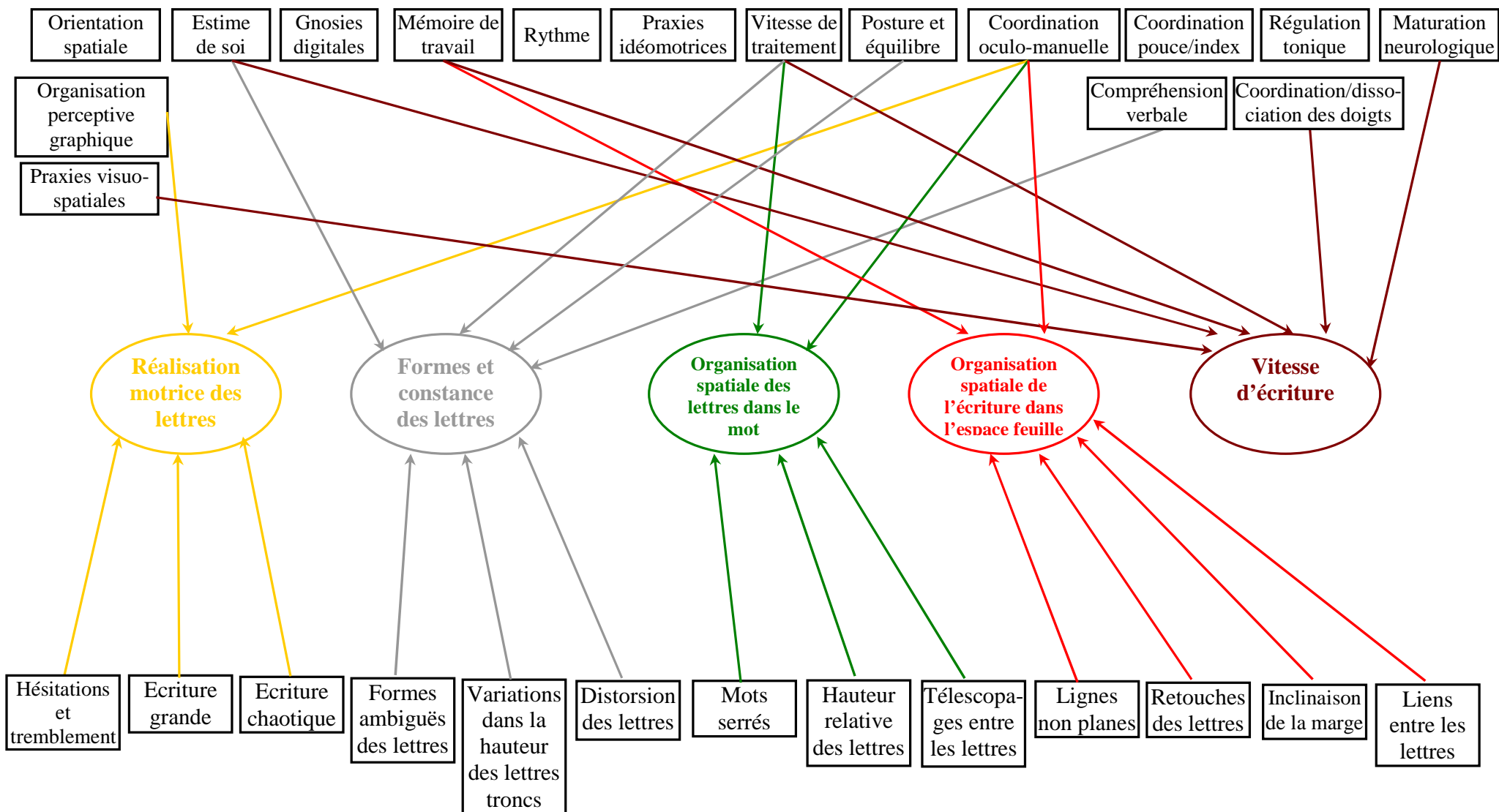


Figure 15 : Influence des processus mesurés sur les quatre facteurs du BHK et la vitesse d'écriture

#### **IV. Influence de l'âge**

Contrairement à des recherches antérieures (Hamstra-Bletz & Blöte, 1990 ; Meulenbroek & Van Galen, 1988 ; Zesiger, 1995), nous ne retrouvons quasiment pas d'influence de l'âge sur l'évolution de l'écriture, quand nous utilisons la note globale du BHK. De plus, nous ne retrouvons pas de dégradation de l'écriture entre 8 et 9 ans, à la période du changement de stratégie de contrôle du geste et de la création d'un programme moteur. Or, le BHK ne met pas en évidence le changement de stratégie, celui-ci le serait certainement par des mesures cinématiques comme la dysfluence ou la durée et le nombre de pauses. Pour répondre à cette hypothèse, des données, pas encore traitées, ont été prélevées avec une table digitalisante sur l'ensemble de la population. De plus, la sensibilité du BHK paraît trop faible pour dépister les variations discrètes liées à l'âge, nous reviendrons sur cette hypothèse ci-après (p. 187).

Nous avons expliqué précédemment le lien entre vitesse et âge. Nous trouvons aussi un lien entre l'âge et le facteur « réalisation motrice des lettres ». Ce facteur nécessite une programmation motrice qui lie les unités graphiques (les lettres) entre elles. Nous pouvons affirmer que cette programmation motrice se réalise entre 8 et 10 ans. Nous pouvons supposer qu'avant 8 ans, l'enfant construit un programme moteur pour chacune des lettres (il n'y a pas d'influence de l'âge pour le facteur « formes et constance des lettres ») et, entre 8 et 10 ans, l'enfant construit un programme moteur qui lie les lettres déjà programmées.

## V. La posture d'écriture

Nous trouvons une influence de deux éléments posturaux seulement sur l'écriture parmi tous ceux observés : l'orientation de la feuille et le positionnement de la main par rapport à la ligne d'écriture. Nous ne retiendrons que les deux postures les plus utilisées pour chacune d'elles :

- ◆ orientation de la feuille : face au scripteur et dans l'axe du bras,
- ◆ position de la main : au niveau de la ligne, sous la ligne d'écriture.

Les autres postures de ces éléments posturaux sont trop peu utilisées pour permettre un traitement statistique fiable. La vitesse d'écriture est plus importante quand la feuille est orientée dans l'axe du bras, plutôt que positionnée face au scripteur. Deux explications non exclusives l'une de l'autre peuvent être proposées. D'une part, Paillard (1990), Van Galen (1991) et Chartrel et Vinter (2008) montrent que les déplacements de la ligne d'écriture se réalisent grâce aux articulations distales (coude et épaule) ; ce mouvement est nettement plus aisé, si le coude est décollé du tronc. Quand la feuille est face au sujet, les mouvements du coude sont bloqués par le tronc dans les mouvements adducteurs. D'autre part, Athènes et Guiard (1990) indiquent que l'installation de la feuille dans l'axe du bras est liée à l'âge, or précédemment nous avons vu que l'âge est la variable qui a le plus d'influence sur la vitesse d'écriture, bien que nous ne retrouvions pas cette influence de l'âge dans notre recherche sur le positionnement de la feuille.

Nous avons vu que le nombre de pieds posés au sol varie en fonction de l'âge. Nous devons préciser que cette variation liée à l'âge est probablement provoquée par le mobilier mis à notre disposition par l'établissement scolaire qui nous a accueillis. En effet, la chaise et la table étaient du mobilier destiné aux adultes, donc de taille disproportionnée pour les enfants les plus

jeunes. Mais, l'intérêt de cette variable n'est que partiellement amoindri, car le manque d'appui au sol, qui pourrait être source d'instabilité, n'a d'influence ni sur la qualité, ni sur la vitesse d'écriture.

Le facteur « réalisation motrice des lettres » est plus déficitaire quand la main est positionnée au niveau de la ligne qu'en dessous de la ligne. L'explication se trouve liée aux mouvements du poignet : selon Paillard (*op. cit.*), le poignet permet la réalisation des traits horizontaux, ce mouvement n'est possible que si la main est placée sous la ligne. Si la main est placée au niveau de la ligne, les traits verticaux seront réalisés avec le poignet et les traits horizontaux par l'épaule, donc les mouvements du poignet favoriseront une écriture plus grande et des traits et des déplacements horizontaux dont le freinage sera plus complexe, car les mouvements de l'épaule sont moins précis que ceux du poignet.

## **VI. Différences intersexes**

Les différences intersexes sont toujours en faveur des filles pour l'écriture, sur les quatre facteurs du BHK ainsi que pour les items lignes non planes et écriture chaotique, sauf pour l'item liens qui est le seul en faveur des garçons. La différence entre filles et garçons pour l'item liens a été expliquée précédemment par le fait que les filles personnalisent leur écriture plus tôt que les garçons et s'extraitent donc des normes calligraphiques scolaires. Pour les différences de qualité d'écriture en faveur des filles, Perron et Coumes (*in Ajuriaguerra et al.*, 1956) proposent cinq explications possibles que nous allons discuter :

- ◆ une précocité du développement moteur des filles. Or, les auteurs eux-mêmes en doutent, ce qui est confirmé par nos résultats. De plus, le nombre de syncinésies plus important chez les filles que chez les garçons, lors de l'action du membre dominant,



semble indiquer l'inverse. En effet, les syncinésies indiquent la maturité neurologique, les filles en ayant un nombre plus important que les garçons, celles-ci auraient une maturation neurologique plus tardive ;

- ◆ une supériorité des filles dans la motricité fine. Seule la coordination oculo-manuelle va dans ce sens dans notre recherche, toutes les autres épreuves faisant appel à la motricité fine n'indiquent pas de différence entre les filles et les garçons ;
- ◆ une supériorité des filles dans le langage oral qui n'est pas confirmée dans notre recherche par les scores obtenus aux épreuves faisant appel au langage ;
- ◆ une plus grande adaptabilité des filles au milieu scolaire qui n'est pas confirmée dans notre étude par l'estime de soi scolaire, laquelle ne présente pas de différence entre les deux sexes, ce qui aurait été le cas si cette hypothèse avait été exacte ;
- ◆ une plus grande motivation des filles pour ce type de tâche, car plus valorisée par le milieu. Pour les auteurs, cette explication est la plus vraisemblable. Une fois de plus, dans ce cas, notre recherche aurait montré une influence de l'estime de soi concernant les compétences scolaires si cette hypothèse avait été exacte.

Nous proposons une explication différente de celles de Perron et Coumes (*op. cit.*). Comme nous venons de le voir, les garçons et les filles montrent un nombre important de différences dans la posture. Chaque élément postural isolé ne semble pas expliquer ces différences intersexes, mais l'accumulation de ces différences de posture pourrait être une clé de notre explication : la position de la main par rapport à la ligne, de la feuille, du bassin et des jambes, la tenue du crayon et le nombre de pieds au sol. En effet, les filles ont davantage la main en dessous de la ligne, car elles placent leur feuille dans l'axe du bras. Les garçons sont nombreux à n'avoir qu'un seul pied au sol (N=43), car ils croisent davantage leurs jambes

(N=48). Les filles semblent donc adopter une posture plus optimale pour l'écriture comme celle décrite dans la partie théorique de ce document (p. 31-32).

## **VII. Les profils de scripteurs âgés de 8 et 12 ans**

Nous avons obtenu six profils, que nous allons décrire et analyser à la lumière de nos résultats.

### **Profil 1 : scripteurs expérimentés**

Les enfants de ce profil sont plus âgés que ceux des autres profils. Mais, certains enfants atteignent ce niveau dès l'âge de 8 ans. Ils écrivent rapidement et présentent un bon niveau de compétence à trois des facteurs « réalisation motrice des lettres » « organisation spatiale des lettres dans le mot » et « organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille ». Le niveau du facteur « formes et constance des lettres » est moyen. Ces enfants ont de l'entraînement et ont déjà construit leur programme moteur pour l'écriture. C'est pourquoi nous les avons nommés « scripteurs expérimentés ».

Ces enfants présentent de bonnes compétences en déliement digital et en équilibre, mais ne diffèrent pas significativement des autres profils pour les autres compétences, sauf avec le profil de scripteurs avec trouble de l'écriture. Les différences entre ce profil et les autres sont probablement liées à l'âge. En effet, ce profil est le seul qui présente une différence d'âge avec les autres, mais aussi le seul à écrire plus rapidement que les autres. Par ailleurs, le déliement digital et l'équilibre sont aussi des compétences influencées par l'âge.

#### Profil 2 : scripteurs avec déficit du contrôle spatial global

Ces enfants ne présentent aucune différence avec les autres profils, mais ils rencontrent des difficultés pour le facteur « organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille » qui peuvent être liées à une absence ou un déficit du contrôle spatial global de l'écriture (Lurçat, 1985), d'où leur appellation. Leurs difficultés dans ce facteur de l'écriture sont à mettre en lien avec leur niveau faible en déliement digital et en vitesse de traitement, comme le confirment les analyses de régression sur ce facteur.

#### Profil 3 : scripteurs avec programme moteur instable

Ces enfants présentent des différences avec les autres profils pour le facteur « organisation spatiale des lettres dans le mot » qui est plutôt performant et pour les facteurs « formes et constance des lettres » et « réalisation motrice des lettres » qui présentent un niveau plus faible que les autres profils. Ces deux derniers facteurs semblent indiquer une instabilité dans le programme moteur (Graham *et al.*, 2006), mais ces enfants ont un bon contrôle spatial local de l'écriture. Ces enfants n'auraient pas encore établi de programme moteur et n'auraient pas à leur disposition le contrôle moteur proactif. La bonne qualité du contrôle rétroactif s'appuie sur le déliement digital et la vitesse de traitement. Ils ne présentent pas de différence avec les autres profils pour les autres compétences (variables prédictives), car ces enfants ne présentent pas de difficulté d'écriture, ils sont dans une étape de développement d'enfants tout-venant.

#### Profil 4 : scripteurs changeant de stratégie de contrôle moteur

Ces enfants écrivent rapidement et présentent des difficultés au facteur « organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille ». Leurs programmes moteurs sont établis, mais

l'anticipation de contrôle visuel n'est pas encore acquise, le changement de stratégie ne serait pas encore effectué. La vitesse de traitement sert d'ancrage à cette acquisition.

#### Profil 5 : scripteurs avec déficit en contrôle spatial local

Ces enfants ont un bon niveau de qualité d'écriture, sauf pour le facteur « organisation spatiale des lettres dans le mot », ce qui semble indiquer des difficultés en contrôle spatial local de l'écriture. Cette déduction s'appuie sur les difficultés rencontrées par ces enfants en vitesse de traitement et en mémoire de travail avec effet de récence. Les analyses de régression indiquent que ce sont des compétences qui interviennent dans le contrôle local de l'écriture. La bonne qualité de l'équilibre favorise une bonne qualité des autres facteurs. En effet, les analyses de régression ont montré l'influence de l'équilibre sur ces facteurs.

#### Profil 6 : scripteurs avec troubles de l'écriture

Le nombre d'enfants qui compose ce profil est faible (N=6), c'est-à-dire 3,30% de la population tout-venant. Ce profil indique un développement atypique, ces enfants présentent des troubles de l'écriture. Les enfants de ce profil écrivent lentement et ils présentent des difficultés à tous les facteurs du BHK. Ce groupe, à effectif très réduit, est composé majoritairement de garçons. Leurs difficultés sont liées à un déficit en déliement digital, équilibre, coordination oculo-manuelle, mémoire de travail avec effet de récence, vitesse de traitement et organisation spatiale graphique. Les écarts-types importants pour chacune de ces compétences indiquent une variabilité importante entre ces enfants. Donc chaque enfant rencontre certainement des difficultés, voire des pathologies, différentes.

Ces profils ne stigmatisent pas les enfants comme bons ou mauvais scripteurs, ils pourraient permettre d'adapter les pédagogies scolaires aux besoins psychomoteurs, cognitifs et conatifs de chaque enfant en fonction de leur profil. Il ne s'agit pas d'entrer dans un versant qualitatif (bon vs mauvais), ni de réaliser un dépistage, mais bien de connaître les besoins scolaires, notamment, de chacun des enfants. Ainsi, pour les scripteurs expérimentés, la pédagogie du système scolaire semble correspondre à leurs besoins, ils ont donc maîtrisé toutes les contraintes de l'écriture. Les scripteurs avec déficit du contrôle spatial global auraient besoin d'un complément de formation et d'entraînement en déliement digital et en vitesse de traitement. Pour les scripteurs avec programme moteur instable et ceux changeant de stratégie de contrôle moteur, l'entraînement et la pratique de l'écriture semblent être leur seul besoin. Les scripteurs avec déficit en contrôle spatial local auraient avantage à améliorer leur vitesse de traitement et la mémoire de travail. Enfin, les scripteurs avec troubles de l'écriture semblent nécessiter une prise en charge rééducative spécifique à leurs troubles, le BHK les dépiste et les différencie clairement des autres enfants. Une fois factorisé le BHK permet de différencier différents profils de scripteurs : ceux en développement, ceux présentant des difficultés et enfin, ceux ayant des troubles.

Revenons sur notre hypothèse interprétative (*cf.* p. 175 et 180) sur le manque de sensibilité du BHK pour une population d'enfants tout-venant. Les profils obtenus permettent d'affirmer que la sensibilité du BHK n'est pas à remettre en question, car ces profils sont influencés par les stratégies de contrôle de l'écriture. Nous pensons que l'âge n'est pas un bon critère dans l'analyse du développement de l'écriture sur cette tranche d'âge (entre 8 et 12 ans). En effet, ces profils semblent indiquer une importante variabilité interindividuelle, concernant le rythme de développement de l'écriture. Par ailleurs, les voies pour atteindre un niveau d'écriture mature (comme celui des « scripteurs expérimentés ») semblent variées. Nous pouvons donc

affirmer que les profils obtenus excepté celui avec trouble sont différentiels, ils proposent cinq styles de développement d'écriture des enfants âgés entre 8 et 12 ans. Le développement de l'écriture de ces enfants présentés dans notre partie théorique est donc à revoir. Il n'existe pas un style de développement de l'écriture, mais plusieurs styles de développement sur la tranche d'âge 8-12 ans, nous en avons déjà dénombré cinq. Ces différences de styles d'écriture ne permettent pas de trouver d'influence de l'âge sur le BHK.

## SECONDE ETUDE

Après avoir étudié, au cours de la première étude l'enfant tout-venant, nous allons, dans le cadre de cette seconde étude étudier l'enfant de 8 à 12 ans présentant des troubles de l'écriture avérés par des professionnels. Les participants de cette seconde étude n'appartiennent pas à la population de la première étude (y compris ceux faisant partie du profil 6 : scripteurs avec troubles de l'écriture).

### I. Troubles de l'écriture ou dysgraphies

Ajuriaguerra *et al.* (1956) présentent la dysgraphie comme une atteinte de la qualité de l'écriture sans que cette déficience puisse être expliquée par un déficit neurologique ou intellectuel. Cet auteur ne parle de dysgraphie qu'à partir de 7 ans, afin que l'écriture ne soit pas influencée par les processus d'acquisition de la lecture. Postel (1998) définit la dysgraphie comme « une atteinte de la fonction graphique scripturale se manifestant au niveau des composantes spatiales de l'écriture, alors que les structures morphosyntaxiques ne sont pas touchées. » (p. 161). Il précise que « ce trouble est purement fonctionnel (sans lésion neurologique ou déficience intellectuelle) de l'apprentissage graphique. » (p. 161). Ajuriaguerra *et al.* (*op. cit.*) distinguent cinq types de dysgraphie, sachant qu'un enfant peut combiner plusieurs déficiences et appartenir à plusieurs types en même temps :

- ◆ le groupe des enfants « lents et précis » : l'écriture et la mise en page sont soignées, grâce à un contrôle permanent qui entraîne une grande lenteur. Ces troubles graphiques apparaissent dans des cabossages et des tremblements de lettres,

- ◆ le groupe des enfants « raides » : l'écriture et l'inclinaison sont régulières, mais il y a une hypertonie, et les lettres ont un aspect anguleux,
- ◆ le groupe des enfants « mous » : le tracé est irrégulier, la mise en page négligée et les lignes ondulent. L'écriture est petite, ronde, étalée et peu précise,
- ◆ le groupe des « impulsifs » : les lettres manquent de précision et sont escamotées. Il apparaît une hypermétrie en fin de mot, la mise en page est bâclée, les lignes irrégulières et les marges réduites,
- ◆ le groupe des « maladroits » : les lettres sont mal proportionnées, il y a des retouches, la mise en page est désordonnée.

Gaddes et Edgell (1994) (*in* Albaret, 1995), quant à eux, proposent quatre catégories de dysgraphies : l'altération de l'écriture, les troubles spatiaux, les troubles syntaxiques, la répugnance à écrire. Ce sont les deux premières catégories qui nous intéressent ici, car ils concernent l'aspect moteur de l'écriture :

- ◆ l'altération de l'écriture : le tracé est maladroit, il y a des erreurs de forme et de proportion dans le traçage des lettres, des mouvements heurtés, saccadés, manquant de fluidité, des traits irréguliers, des liaisons entre les lettres absentes ou laborieuses, des lettres mal proportionnées (trop larges, trop hautes, atrophiées, déformées) ;
- ◆ les troubles spatiaux : il y a une mauvaise organisation de la page, des espaces entre les lettres et les mots non respectés, des lignes se rapprochent ou s'éloignent.

Dans ces deux classifications de Ajuriaguerra *et al.* (*op. cit.*) et Gaddes et Edgell (*op. cit.*), ce sont les mêmes critères qui sont étudiés et les mêmes déficiences, seule la répartition de la population en fonction de leurs déficiences diffère. Ajuriaguerra *et al.* (*op. cit.*) proposent une explication partielle de ces troubles, il semble que :



- ◆ les « raides » et les « mous » présentent des troubles de la régulation tonique,
- ◆ les « maladroits » et les « lents et précis » présentent des troubles de la programmation motrice,
- ◆ les « impulsifs » présentent des troubles du contrôle du geste.

Zesiger (2003) propose des origines aux troubles de l'écriture. Pour cette recherche, 43 enfants avec des troubles de l'écriture et 60 enfants témoin âgés de 8 à 12 ans ont participé. Les enfants ont écrit plusieurs fois le même mot sur une table digitalisante où ont été mesurés : la durée, la longueur, les vitesses moyennes et maximales, la dysfluence et des indices de variabilité temporelle et spatiale. Les conclusions de cette recherche montrent que certains enfants ont un trouble lié à la programmation motrice, d'autres un trouble de l'exécution motrice, alors qu'un troisième groupe d'enfants présente les deux troubles simultanément. Zesiger (*op. cit.*) propose deux origines aux troubles de l'écriture :

- ◆ un déficit sous-jacent qui affecterait l'étape de programmation motrice, c'est-à-dire que la production écrite serait dysfluente avec une discontinuité dans le mouvement et de longues pauses,
- ◆ un déficit qui serait localisé au sein des processus d'exécution motrice, il y aurait donc beaucoup d'irrégularités ou de variabilités (spatiale, temporelle et cinématique) dans l'écriture. Ce serait dû au manque de fiabilité du système neuro-musculaire, ce qui se traduirait par un « bruit » neuromoteur (mouvements involontaires conduisant à commettre des erreurs ou des fautes) trop élevé.

La dysgraphie est une déficience de l'écriture qui s'observe par une altération de la qualité de l'écriture et/ou une diminution de la vitesse d'écriture. La dysgraphie s'explique par des troubles de la programmation motrice et/ou de la réalisation du geste.

## **II. Troubles de l'écriture et compétences psychomotrices, cognitives et conatives**

Nous allons présenter des recherches qui réalisent un lien entre l'écriture et les compétences psychomotrices, cognitives et conatives traitées dans la première étude. Les recherches décrites ci-dessous montrent que la dysgraphie est rarement, voire jamais, un trouble isolé. La dysgraphie est souvent provoquée par d'autres troubles, entre autres : les troubles de la coordination ou dyspraxies développementales (§A), l'instabilité psychomotrice (§B) et le haut potentiel (§C).

### **A. Ecriture et trouble d'acquisition des coordinations (TAC) ou dyspraxie**

En France, le terme de dyspraxie développementale, utilisé par Stambak, L'Hériteau, Auzias, Bergès et Ajuriaguerra, J. (1964), est davantage employé que celui de trouble d'acquisition des coordinations (TAC), issu du DSM-IV (1996), d'origine américaine. Il est à noter que la dyspraxie y est présentée comme un sous-groupe des TAC. La définition de ces derniers indique que le trouble des habiletés motrices peut entraîner des troubles de l'écriture : « Les performances dans les activités quotidiennes nécessitant une bonne coordination motrice sont nettement au-dessous du niveau escompté compte tenu de l'âge chronologique du sujet et de

son niveau intellectuel (mesuré par des tests). Cela peut se traduire par des retards importants dans les étapes du développement psychomoteur, par le fait de laisser tomber des objets, par de la « maladresse », de mauvaises performances sportives ou une mauvaise écriture » (DSM-IV, p. 53).

Selon Gérard (*in* Gérard & Brun, 2005), les syndromes dyspraxiques perturbent le développement des actions coordonnées et finalisées : le graphisme, la construction de plan, l'adaptation posturale, les gestes impliquant la motricité fine. Le sujet a toujours eu ces troubles qui ne sont provoqués par aucune autre pathologie. Ces syndromes limitent les facultés d'adaptation du sujet dans la vie quotidienne et a des répercussions sur l'estime de soi du sujet. L'auteur décrit trois types de dyspraxie :

- ◆ type 1 : le développement des coordinations motrices est affecté, c'est-à-dire les postures, les coordinations manuelles et l'articulation ;
- ◆ type 2 : les gestes finalisés sont affectés (le graphisme, par exemple), c'est-à-dire la perception spatiale non égocentrique est touchée, cela a des répercussions dans le développement de l'espace ;
- ◆ type 3 : l'action est perturbée dans son contrôle exécutif, les enfants ayant ce type de dyspraxie présentent des difficultés attentionnelles, parfois associées à une hyperactivité.

Les dyspraxies s'accompagnent de nombreux troubles consécutifs à cette pathologie :

- ◆ la vitesse de traitement (Piek, Dawson, Smith & Gasson, 2008),
- ◆ la mémoire de travail (Piek, Dawson, Smith & Gasson, *op. cit.*) particulièrement visuo-spatiale (Alloway & Temple, 2007),
- ◆ l'équilibre (Tsai, Wu & Huang, 2008 ; Vaivre-Douret, 2007),

- ◆ l'attention dont le trouble contribue aux troubles d'intégration visuo-motrice (Vaivre-Douret, *op. cit.* ; Wilnut, Brown & Wann, 2007),
- ◆ l'estime de soi, particulièrement dans les dimensions compétences scolaires et apparence physique (Piek, Baynam & Barrett, 2006 ; Piek, Dworgan, Barrett & Coleman, 2000, Skinner & Piek, 2001).

A ces travaux s'ajoutent ceux qui ont montré les conséquences de la dyspraxie sur la qualité et la vitesse d'écriture. La recherche de Maeland (1992) a pour but de déterminer les liens entre compétences perceptivo-motrices et la possibilité de différencier les enfants maladroits des enfants dysgraphiques à partir d'un bilan mesurant les compétences perceptivo-motrices. Cet auteur compare trois groupes d'enfants : un groupe d'enfants maladroits, un groupe d'enfants maladroits et dysgraphiques et un groupe contrôle. La méthode a déjà été exposée précédemment (*cf.* p. 34-35). Les enfants dysgraphiques et maladroits présentent des troubles de l'organisation perceptive graphique uniquement. Les enfants uniquement maladroits, en plus des troubles de l'organisation perceptive graphique, présentent des difficultés dans la précision du geste et du traçage, donc dans la coordination oculo-manuelle. Mais, comme le précise l'auteur, les deux groupes présentant des troubles sont très hétérogènes, c'est-à-dire les origines, aussi bien de la maladresse que de la dysgraphie, sont très diverses, comme nous l'avons vu précédemment en présentant les différentes classifications des dysgraphies et des TAC. Les enfants des groupes avec troubles montrent donc peu de corrélations entre les domaines de l'écriture et de la perceptivo-motricité. Par ailleurs, cette recherche confirme une proportion plus importante de garçons maladroits que de filles (trois garçons pour une fille) et/ou dysgraphiques (sept garçons pour une fille).

Smits-Engelsman, Niemeijer et Van Galen (2001) travaillent avec 125 écoliers hollandais de 7 à 10 ans. L'objectif est d'étudier la cinématique des mouvements chez des enfants diagnostiqués avec des troubles développementaux de la coordination. Pour dépister ces derniers, les auteurs ont fait passer à l'ensemble des enfants un test d'écriture (BHK), un test de capacités psychomotrices (M-ABC) et un test de mesure neuro-développementale (MSRT). Par ailleurs, un questionnaire sur la qualité d'écriture des enfants (SQT) a été soumis aux enseignants. Le questionnaire et le BHK ont permis de trouver que 67% des enfants sont de bons scripteurs, 27% de mauvais scripteurs et 6% des enfants sont dysgraphiques. Dix-neuf enfants ont eu de faibles résultats à la fois au BHK et au questionnaire (SQT). Ces enfants ont non seulement un niveau inférieur à leur âge aux épreuves de graphisme (du BHK et du M-ABC), mais en plus leurs enseignants les ont signalés en difficulté. Parmi les mauvais scripteurs, 12 ont été sélectionnés (les parents ont accepté une prise en charge rééducative des troubles graphiques), ils ont suivi une rééducation de leur écriture par des spécialistes. Ils ont tous des syncinésies, la moitié présente des syncinésies bucco-faciales incontrôlables, que les auteurs s'attendent à voir diminuer après la prise en charge. Onze ont des troubles de la coordination de la motricité fine. Ce groupe de 12 enfants est comparé à un groupe témoin de bons scripteurs du même âge. Cela permet de mettre en évidence des troubles spatiaux, un déficit en motricité fine et un haut niveau de syncinésies, chez les mauvais scripteurs. Ces derniers ont une mauvaise adaptation aux épreuves spatiales. Ils montrent des mouvements plus rapides, avec moins d'accélération et moins de pauses que le groupe témoin, ce qui indiquerait une stratégie de mouvements balistiques, moins dépendante de la correction visuelle que le groupe témoin. Les enfants ayant des troubles rencontrent des difficultés dans le recrutement de la force musculaire, c'est-à-dire la coordination des muscles entre eux, surtout à l'initiation du mouvement. Les principaux facteurs des troubles du développement de la coordination sont les troubles du traitement de l'information visuelle, des

autres traitements perceptifs et du contrôle moteur. Cette étude ne soutient pas que l'intelligence et la qualité de la motricité globale soient des facteurs pertinents. La pression appliquée sur le stylo ne diffère pas entre le groupe de mauvais scripteurs et le groupe témoin et est relativement stable pour chaque enfant. Ce qui signifie que les mauvais scripteurs n'augmentent pas leur raideur tonique dans la main scriptitrice. Mais, à cet âge, les enfants utilisent déjà un haut niveau de pression. Les troubles de la coordination provoqués par des troubles du traitement de l'information et du contrôle moteur entraînent des troubles de l'écriture.

Pour Mazeau (2005), la dysgraphie est le symptôme principal de la dyspraxie à l'âge scolaire. Les enfants présentant des difficultés d'assemblage des traits élémentaires de l'écriture, dès qu'ils le peuvent, utilisent l'écriture scripte. Ce type d'écriture est plus aisé à réaliser, car la lettre de l'écriture cursive « est réalisée en plusieurs étapes, décomposée en parties qui ne constituent pas des sous-unités naturelles de la graphie » (p. 19). Il y a de grandes variabilités interindividuelles chez les enfants dyspraxiques, les troubles de l'écriture vont de la simple lenteur ou d'une fatigabilité excessive à une impossibilité d'apprendre à écrire.

Les TAC engendrent des troubles de l'écriture chez les enfants qui en sont atteints.

## B. Ecriture et trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité

Le trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité (TDA/H) porte d'autres appellations : hyperactivité ou trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité. L'enfant diagnostiqué TDA/H présente trois symptômes : hyperactivité (agitation motrice excessive pour l'âge développemental), inattention et impulsivité qui peuvent être ou non combinés. Le DSM-IV (1996) présente trois types de TDA/H :

- ◆ le type mixte où le déficit de l'attention, l'hyperactivité, ainsi que l'impulsivité sont concomitants ;
- ◆ le type inattention prédominante, où le déficit de l'attention est le principal symptôme ;
- ◆ le type hyperactivité-impulsivité prédominante, où l'hyperactivité et l'impulsivité sont les principaux symptômes.

Ces symptômes apparaissent avant l'âge de 7 ans et durent plus de six mois, dans au moins deux milieux de vie de l'enfant (par exemple, école et famille). Le TDA/H est une caractéristique de l'enfant et non une réaction à un environnement particulier. Les symptômes sont suffisamment handicapants pour entraver le développement de l'enfant, car l'enfant rencontre des problèmes relationnels avec ses pairs, les membres de sa famille et les exigences scolaires. Cette pathologie touche 3 à 5% des enfants d'âge scolaire, quatre garçons pour une fille (Buitelaar & Bergsma, 2000 ; Vantalon, 2005).

Chez les enfants âgés de 6 à 12 ans, s'ajoutent aux trois symptômes pathognomoniques du TDA/H des symptômes discrets :

- ◆ un style relationnel spécifique,
- ◆ des difficultés à réguler les émotions,
- ◆ un manque d'empathie pour autrui,
- ◆ une faible estime de soi.

La symptomatologie varie dans son expression et son intensité en fonction des circonstances dans lesquelles se trouve l'enfant (Mouren, *in* Vantalon, *op. cit.*). Bursztejn (*in* Joly, 2008) ajoute que le TDA/H est associé à d'autres troubles :

- ◆ dans 65% des cas à des troubles oppositionnels (comportement d'opposition et d'intolérance à la frustration),
- ◆ dans 22% des cas à des troubles des conduites (agressivité, difficultés relationnelles, transgression des règles sociales),
- ◆ dans 25 à 30 % des cas à des troubles émotionnels (troubles anxieux) ou des troubles dépressifs.

La question qui se pose alors de savoir si le TDA/H est une pathologie ou un symptôme d'autres pathologies.

Adi-Japha, Landau, Frenkel, Teicher, Gross-Tsur et Shalev (2007) ont comparé vingt garçons droitiers présentant un TDA/H avec un groupe apparié témoin, tous sont âgés de 11 à 13 ans et de langue hébraïque. Aucun de ces enfants ne présente de trouble de la lecture ou ne prend de traitement chimique, tous ont un QI dans la moyenne. Plusieurs épreuves sont proposées aux enfants sur la production cinématique et la programmation motrice. La production cinématique est observée grâce à l'écriture de lettres, de mots courts et de mots longs recopiés sept fois et à la réalisation d'ellipses et de cercles. La programmation motrice est observée grâce à la copie de groupes de trois mots en hébreu et en alphabets proches de l'hébreu. Les enfants présentant un TDA/H montrent des différences avec le groupe témoin dans :

- ◆ la réalisation d'ellipses et de cercles qui est plus rapide mais moins précise ;
- ◆ la taille des lettres qui est plus large pour l'ensemble de l'écriture et plus haute pour les longs mots ;
- ◆ la pression qui est plus importante pendant les épreuves d'écriture, pour obtenir un meilleur contrôle du geste ;



- ◆ la vitesse qui est plus lente pour les longs mots, à cause des nombreuses lettres retouchées ;
- ◆ l'omission, les insertions ou les substitutions de lettres, liées à des erreurs de la mémoire de travail (le tampon graphémique) ;
- ◆ la forme des lettres qui sont souvent confondues avec des formes proches.

La fluence et l'organisation spatiale de la ligne ne diffèrent pas entre les deux groupes. La majorité des enfants TDA/H montre des signes de dysgraphie avec une écriture difficilement lisible. Les erreurs sont souvent de trois types :

- ◆ lexicales : confusion de mots,
- ◆ phonologiques : confusion de sons,
- ◆ spatiales : confusion de formes de lettres.

Ces problèmes ne viennent pas d'un manque d'expérience, mais d'un problème de tampon graphémique et de production cinématique. Le TDA/H provoque donc des troubles de l'écriture causés par des troubles de l'attention principalement.

### C. Ecriture et haut potentiel intellectuel

La précocité est l'« avance dans le développement d'un individu présentant des traits de comportement qui émergent dans sa population d'appartenance à un âge supérieur à son âge chronologique » (p. 966, Bloch *in* Bloch *et al.*, 1997). Un enfant est qualifié de « précoce » ou avec un « haut potentiel » quand son QI est supérieur à 130, c'est-à-dire à plus de deux écarts type de la moyenne.

Santamaria et Albaret (1996) cherchent dans une population de 11 enfants avec un haut potentiel des signes de dysgraphie et ils supposent que leurs troubles de l'écriture sont dus à une écriture trop lente pour des besoins d'expression nombreux, riches et rapides. Les épreuves d'écriture se composent de quatre tests : écriture spontanée, dictée, copie de phrases à différentes vitesses et une copie de texte. Quatre types de scripteurs apparaissent :

- ◆ des enfants qui, dans toutes les conditions de tests, écrivent lentement par rapport à leur classe d'âge et par rapport à leur niveau scolaire,
- ◆ des enfants qui, dans toutes les conditions de tests, écrivent rapidement par rapport à leur classe d'âge, ce qui est conforme à leur niveau scolaire,
- ◆ des enfants qui, dans toutes les conditions de tests, écrivent rapidement par rapport à leur classe d'âge, mais lentement par rapport à leur niveau scolaire,
- ◆ des enfants qui écrivent à une vitesse moyenne dans des conditions de vitesse normale, mais qui rencontrent des difficultés quand il s'agit d'accélérer leur écriture.

Dans cette population de 11 enfants, 50% des enfants sont dysgraphiques. L'origine de ces troubles ne trouve pas de réponse dans cette recherche (malgré des questionnaires et un bilan psychomoteur auxquels chaque enfant est soumis). Pour les auteurs, il apparaît quatre groupes d'enfants : le premier groupe s'est adapté à ses besoins scolaires, le deuxième est en voie d'adaptation, mais les deux autres groupes sont limités par leurs troubles de l'écriture. Cette recherche est menée sur une population de petite taille (N=11) et ne permet donc aucune conclusion, mais elle apporte des pistes de réponses sur l'origine des troubles chez les enfants à haut potentiel : décalage entre la vitesse de pensée et d'écriture, incoordinations motrices du membre scripteur, trouble de l'automatisation.

Vaivre-Douret (2004) confirme ces troubles d'écriture chez les enfants à haut potentiel, elle propose deux autres explications :

- ◆ les fonctions motrices permettant l'écriture acquises précocement ne sont pas exercées lorsqu'elles ont atteint leur maturité car l'enfant n'est pas en âge d'apprendre à écrire, elles tendent donc à disparaître,
- ◆ le surinvestissement réalisé dans le domaine cognitif se ferait au détriment du domaine moteur.

En excluant tout trouble neurologique ou psychopathologique, des développements atypiques comme les TAC, le TDA/H ou le haut potentiel intellectuel, peuvent engendrer des troubles de l'écriture. Ces derniers sont provoqués par les troubles de la coordination ou de la programmation du geste, les troubles de l'attention, l'agitation ou un décalage de développement entre les compétences motrices et les compétences cognitives. Nous avons choisi de détailler les liens entre ces pathologies et l'écriture, car ce sont celles rencontrées dans la population de notre recherche.

## OBJECTIFS

La seconde étude porte sur les troubles de l'écriture chez l'enfant. Nous voulons déterminer s'il existe des liens entre certains troubles non spécifiques à l'écriture (psychomoteurs, cognitifs ou conatifs) et certains troubles de l'écriture. En d'autres termes, nous cherchons à établir si un type de trouble psychomoteur, cognitif ou conatif spécifique entraîne un trouble de l'écriture caractéristique. En effet, comme nous avons pu le voir à la fois dans les descriptions des dysgraphies (Ajuriaguerra *et al.*, 1956 ; Gades & Edgell, *in* Albaret, 1995 ; Postel, 1998) et dans les recherches menées sur les troubles de l'écriture (Goyen & Duff, 2005 ; Maeland, 1992 ; Smits-Engelsman *et al.*, 2001 ; Zesiger, 2003), des troubles du développement (TAC, TDA/H, *etc.*) provoquent des troubles de l'écriture (manque de lisibilité, absence d'automatisation, lenteur, *etc.*). Nous pensons donc que la dysgraphie n'est pas une pathologie à part entière, mais un trouble ou symptôme consécutif à ces troubles du développement. Les différents troubles de l'écriture (décrits dans les classifications des dysgraphies) trouvent souvent leur origine dans des troubles psychomoteurs, cognitifs ou conatifs variés. Une pathologie, liée à ces troubles entraîne un trouble de l'écriture spécifique (décrit dans les classifications des dysgraphies, *cf.* p. 189-190). Dans le cadre de cet objectif général, nous répondrons à deux objectifs spécifiques :

- ◆ premier objectif, nous rechercherons les différences à la fois pour l'écriture et pour les processus psychomoteurs, cognitifs et conatifs entre les enfants présentant des troubles de l'écriture et les enfants tout-venant ;
- ◆ second objectif : nous réaliserons des profils de scripteurs présentant des troubles de l'écriture et nous repèrerons les processus associés à chacun de ces profils.

## **METHODE**

### **I. Procédure**

Nous avons utilisé les mêmes tests que pour la précédente étude (*cf.* p. 66-85). Les enfants sont testés dans les locaux de la structure dans laquelle ils sont suivis en psychomotricité pour troubles de l'écriture soit au centre médico-psychologique (CMP), soit au cabinet libéral. Les épreuves se déroulent en deux temps de 45 minutes chacun. Ils passent les épreuves individuellement, avec toujours le même expérimentateur. L'ordre des épreuves est aléatoire.

### **II. Participants**

La population présentant des troubles de l'écriture (que nous appellerons dans la suite du texte « Trouble » signifiant « avec troubles de l'écriture ») est composée de 24 participants, 19 garçons et 5 filles. Leurs âges sont compris entre 7;8 ans et 11;5 ans. Cinq sont issus d'un CMP et 19 de deux cabinets libéraux de psychomotriciens de la région parisienne. La prescription médicale pour les séances de psychomotricité porte sur les troubles de l'écriture. Les cinq enfants issus du CMP appartiennent à la classe moyenne, alors que les autres enfants appartiennent plutôt à une catégorie socio-économique favorisée. En effet, les soins en psychomotricité libérale en France ne sont pas pris en charge par la Sécurité sociale, les parents doivent donc avoir les moyens financiers d'assumer des prises en charge de plusieurs mois, voire plusieurs années. Aucun enfant ne présente de déficience intellectuelle, sensorielle ou neurologique handicapante avérée médicalement. Les diagnostics sont très variés :

- ◆ haut potentiel intellectuel (N=3),

- ◆ dyspraxie (N=4),
- ◆ instabilité psychomotrice (N=4), dont l'un présente une précocité associée,
- ◆ inhibition psychomotrice (N=2),
- ◆ troubles visuo-spatiaux (N=3),
- ◆ dyslexie (N=1),
- ◆ troubles des apprentissages (N=3),
- ◆ naissance prématurée (N=1).

Chaque enfant de cette population a été apparié à deux enfants témoins du groupe tout-venant de la recherche précédente (que nous appellerons dans la suite du texte « Contrôle » signifiant « groupe Contrôle »). L'appariement s'est fait selon les critères suivants :

- ◆ même sexe,
- ◆ même niveau scolaire,
- ◆ même âge à plus ou moins 3 mois.

Tableau 46 : Ages moyens du groupe avec troubles de l'écriture et du groupe contrôle

	Trouble		Contrôle		Mann Whitney		
	N	Moyenne	N	Moyenne	<i>U</i>	<i>Z</i>	<i>p</i>
Age	24	9,59 (1,16)	48	9,55 (1,04)	566,5	-0,11	n.s.

Il n'y a pas de différence d'âges entre les deux groupes (*cf.* tableau 46). Nous avons ensuite vérifié l'absence de différence de latéralité entre ces deux groupes : Le groupe Trouble est composé de 22 droitiers et deux gauchers, le groupe Contrôle de 45 droitiers et trois gauchers. Un

Khi-Deux de Pearson ( $\chi^2(1, N=72)=0,11, n.s.$ ) indique qu'il n'y a pas de différence entre ces deux groupes concernant la répartition de la latéralité.

## **RESULTATS**

L'étude statistique de cette recherche se décompose en deux parties. Chaque partie correspond à l'un des objectifs de cette étude. Le premier objectif est de rechercher les différences à la fois pour l'écriture et les processus psychomoteurs, cognitifs et conatifs entre les enfants présentant des troubles de l'écriture et les enfants tout-venant. Le second objectif est de réaliser des profils de scripteurs présentant des troubles de l'écriture. De plus, il s'agit de comparer chaque profil de scripteurs présentant des troubles avec un groupe contrôle, afin de déterminer les spécificités de ces profils par rapport aux enfants tout-venant.

### **I. Comparaisons inter-groupes : groupe avec troubles de l'écriture vs groupe contrôle**

L'objectif n°1 est de rechercher les différences à la fois pour l'écriture et pour les processus psychomoteurs, cognitifs et conatifs entre les enfants présentant des troubles de l'écriture et les enfants tout-venant.

## A. Sur le BHK

Les enfants du groupe Contrôle ont toujours des résultats supérieurs au groupe présentant des troubles de l'écriture, les différences sont significatives pour huit des 13 items du BHK, pour la note globale au BHK et les quatre facteurs d'écriture (cf. tableau 47). Les différences aux quatre facteurs s'expliquent par une accumulation des différences non significatives aux items du BHK entre les deux groupes. Notons qu'il n'y a pas de différence en ce qui concerne la vitesse d'écriture.

Tableau 47 : Comparaison de l'écriture entre le groupe présentant des troubles de l'écriture et le groupe contrôle

	Trouble (N=24)	Contrôle (N=48)	Mann Whitney		
	M (e.t.)	M (e.t.)	U	Z	p
Écriture grande	1,83 (1,69)	0,79 (0,71)	369,50	-2,62	< .01
Inclinaison de la marge	0,38 (1,17)	0,25 (0,48)	526,50	-0,86	n.s.
Lignes non planes	4,71 (0,62)	4,27 (0,98)	436,00	-1,96	< .05
Mots serrés	1,88 (1,78)	1,48 (1,75)	495,50	-1,00	n.s.
Écriture chaotique	1,38 (1,24)	0,35 (0,56)	286,00	-3,86	< .001
Liens	3,67 (1,31)	2,52 (1,62)	338,50	-2,9	< .004
Télescopages	0,38 (0,65)	0,29 (0,65)	524,50	-0,85	n.s.
Hauteur des lettres troncs	2,00 (1,72)	1,31 (1,63)	437,50	-1,74	n.s.
Hauteur relative des lettres	1,29 (1,52)	0,31 (0,72)	337,00	-3,38	< .001
Distorsion	2,04 (1,73)	1,17 (1,23)	410,50	-2,04	< .04
Formes de lettres ambiguës	1,17 (1,09)	1,17 (1,36)	537,50	-0,48	n.s.
Retouches des lettres	1,04 (1,27)	0,4 (0,68)	403,50	-2,39	< .02
Hésitations et tremblements	1,04 (1,57)	0,06 (0,24)	339,00	-4,10	< .001
BHK	22,79 (9,14)	14,38 (5,13)	217,50	-4,29	< .001
Vitesse d'écriture	205,63 (91,91)	228,08 (69,19)	445,00	-1,57	n.s.
Formes et constance des lettres	5,21 (3,16)	3,65 (2,99)	408,00	-2,02	< .04
Réalisation motrice des lettres	4,25 (3,61)	1,21 (1,11)	219,00	-4,41	< .001
Organisation spatiale dans le mot	3,54 (2,50)	2,08 (2,05)	373,00	-2,46	< .01
Organisation spatiale dans la feuille	9,79 (2,17)	4,92 (1,30)	14,50	-6,79	< .001



## B. Sur les variables prédictives

Le tableau 48 (*cf.* page suivante) présente les différences entre le groupe avec troubles de l'écriture et le groupe contrôle, sur les variables prédictives. Les différences significatives entre le groupe présentant des troubles de l'écriture et le groupe Contrôle apparaissent aux tests suivants : *tapping* séquentiel de la main non dominante, équilibre, test de Bender-Santucci, SPP concernant les compétences scolaires, *tapping* simple de la main dominante, syncinésies lors de l'action du membre dominant et gnosies digitales du membre dominant. Pour l'ensemble de ces processus, le groupe Trouble est moins performant que le groupe Contrôle.

Il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes (Trouble :  $M=2,65$  (3,05) ; Contrôle :  $M=1,59$  (2,43)) concernant la douleur ( $U=449,00$ ,  $z=0,19$ , n.s.).

Tableau 48 : Comparaison des variables prédictives entre le groupe présentant des troubles de l'écriture et le groupe Contrôle

		Trouble (N=24)	Contrôle (N=48)	Mann Whitney		
		M (e.t.)	M (e.t.)	U	Z	p
Compétences visuo-motrices	<i>Tapping</i> séquentiel : main dominante	40,76 (21,14)	35 (14,94)	495	-0,97	n.s.
	<i>Tapping</i> séquentiel : main non dominante	42,85 (18,03)	31,45 (9,59)	344	-2,77	< .01
	Symboles	20,63 (6,91)	19,77 (5,36)	570,5	-0,07	n.s.
	Efficiéncie motrice : main dominante	15,96 (2,88)	16,54 (2,19)	491,5	-1,02	n.s.
	Efficiéncie motrice : main non dominante	14,5 (3,67)	15,42 (2,40)	483	-1,12	n.s.
	Equilibre	1,21 (0,93)	1,83 (0,43)	373,5	-3,19	< .001
Représentations mentales	Structures rythmiques	19,96 (9,09)	23,06 (7,05)	457,5	-1,42	n.s.
	Mémoire des chiffres en ordre direct	9,67 (2,33)	8,94 (1,88)	448	-1,55	n.s.
	Mémoire des chiffres en ordre inverse	7,96 (1,99)	7,52 (1,87)	514,5	-0,75	n.s.
	Cubes	29,42 (13,79)	35,02 (10,68)	428,5	-1,77	n.s.
	Mouvements de main	16,96 (1,92)	17,50 (2,16)	464,5	-1,35	n.s.
	Test de Bender-Santucci	42,79 (12,71)	51,17 (11,01)	342	-2,8	< .01
	Compréhension verbale	16,00 (8,19)	15,60 (6,62)	560	-0,19	n.s.
Estime de soi	SPP : compétences scolaires	12,96 (2,53)	15,46 (2,91)	293,5	-3,4	< .001
	SPP: compétences physiques	16,13 (2,56)	15,13 (2,92)	463,5	-1,35	n.s.
	SPP : valeur propre	16,25 (2,86)	17,56 (2,33)	420,5	-1,89	n.s.
Coordinations digitales	<i>Tapping</i> simple : main dominante	11,73 (2,67)	10,42 (1,75)	395,5	-2,16	< .03
	<i>Tapping</i> simple : main non dominante	12,02 (1,88)	11,25 (1,62)	424	-1,82	n.s.
Maturatio n neurologi- -que	Syncinésies : action du membre non dominant	2,92 (2,12)	3,92 (1,54)	387,5	-2,29	< .02
	Syncinésies : action du membre dominant	2,96 (2,10)	3,69 ((1,67)	451,5	-1,52	n.s.
Régulation tonique	Régulation tonique du membre dominant	2,58 (0,88)	2,69 (0,66)	560	-0,26	n.s.
	Régulation tonique du membre non dominant	2,38 (1,06)	2,73 (1,63)	519,5	-0,84	n.s.
Schéma corporel	Gnosies digitales : membre dominant	16,67 (1,31)	17,29 (0,99)	416	-2,05	< .04
	Gnosies digitales : membre non dominant	16,63 (1,5)	17,19 (1,02)	460	-1,48	n.s.
	Orientation spatiale	11,96 (2,96)	12,23 (2,80)	573	-0,04	n.s.

### C. Sur la posture

Pour mettre en évidence une différence entre les groupes Trouble et Contrôle dans la tenue du crayon, le positionnement de la feuille par rapport au corps, la position de la main par rapport à la ligne d'écriture, la stabilité de l'assise, la position du bassin, l'adossement à la chaise, la position du dos et le bras d'appui, nous avons réalisé des Khi-deux de Pearson qui ne font apparaître aucune différence entre les positionnements des deux groupes Trouble et Contrôle. Seuls l'axe de la tête et la position des jambes diffèrent dans ces deux groupes :

- ◆ les enfants du groupe Contrôle ont davantage la tête penchée du côté du bras non scripteur que les enfants du groupe Trouble (14 enfants sur 24 dans le groupe Trouble vs 48 sur 48 dans le groupe Contrôle,  $\chi^2(1, N=71)=21,51, p<.001$ ) ;
- ◆ les enfants du groupe Contrôle ont davantage les jambes croisées que dans le groupe Trouble (26 enfants du groupe Contrôle sur 48 vs 4 sur 24 dans le groupe Trouble,  $\chi^2(1, N=71)=8,62, p<.005$ ).

Un test de Mann Whitney a été réalisé pour faire apparaître la différence de nombre de pieds en appui sur le sol entre les deux groupes, ce test n'indique aucune différence significative entre les deux groupes.

## **II. Les différents profils de scripteurs présentant des troubles de l'écriture**

L'objectif n°2 est de réaliser des profils de scripteurs présentant des troubles de l'écriture et nous repèrerons les processus associés à chacun de ces profils.

Comme nous l'avons vu précédemment (*cf.* p. 189-190), il n'existe pas une dysgraphie, mais plusieurs types de dysgraphies, c'est pourquoi nous avons réalisé une classification hiérarchique pour répartir les enfants présentant des troubles similaires de l'écriture en profils. Ceci nous permettra de déterminer ensuite si un trouble psychomoteur, cognitif et/ou conatif spécifique engendre un trouble de l'écriture spécifique. Nous avons utilisé une classification hiérarchique à partir des 13 items du BHK et de la vitesse d'écriture, réalisée avec la méthode de Ward et des distances euclidiennes. En appliquant le critère de Mojena (1975), nous avons choisi une séparation en deux groupes dont la répartition est présentée figure 16. Les noms de ces profils seront expliqués dans la description des profils.

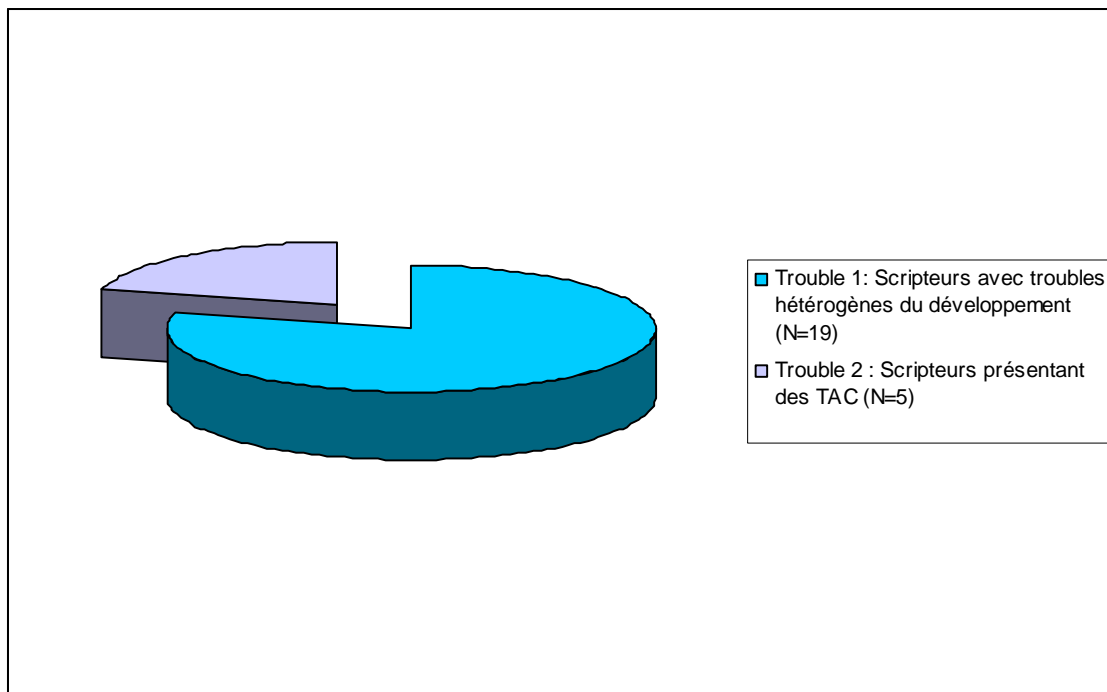


Figure 16 : Répartition des deux profils des enfants présentant des troubles

#### A. Profil Trouble 1 : scripteurs avec troubles hétérogènes du développement

##### 1. Comparaisons inter-groupes sur le BHK : groupe avec trouble de l'écriture 1 vs groupe Contrôle 1

Quatre filles et 15 garçons constituent ce groupe de moyenne d'âge 9;7 ans (1,19). Le plus jeune a 7;8 ans et le plus âgé a 11;3 ans, ils sont dans des niveaux scolaires différents (du CE2 au CM2). Il n'y a pas de différence d'âges entre les deux groupes Trouble 1 et Contrôle 1 ( $U=357,50$ ,  $z=-0,06$ , n.s.). Leurs troubles variés (THADA, haut potentiel, dyslexie) ne permettent pas de préciser l'origine de leurs troubles de l'écriture, c'est pourquoi nous les nommons « scripteurs avec troubles hétérogènes du développement ». Nous avons comparé leurs résultats

avec les enfants de leur groupe contrôle. Les comparaisons significatives entre les deux groupes Contrôle 1 et Trouble 1 concernant l'écriture sont présentées dans le tableau 49.

Tableau 49 : Comparaison entre le profil Trouble 1 et son groupe Contrôle pour l'écriture

	Trouble 1		Contrôle 1		Mann Whitney		
	N	M (e.t.)	N	M (e.t.)	<i>U</i>	<i>Z</i>	<i>p</i>
BHK	19	19,21 (5,05)	38	14,53 (4,80)	180,50	-3,06	.005
Réalisation motrice des lettres	19	2,74 (1,91)	38	1,21 (0,87)	175,50	-3,28	.001
Organisation spatiale dans la feuille	19	9,32 (1,57)	38	4,97 (1,20)	10,00	-6,05	.001

La figure 17 présente les notes moyennes et écarts type au BHK et aux facteurs « réalisation motrice des lettres » et « organisation spatiale dans la feuille » du groupe Trouble 1 et de son groupe Contrôle.

Comme pour la première étude nous présentons en guise d'illustration deux exemples d'écriture d'enfants ayant été catégorisés dans de ce premier profil.

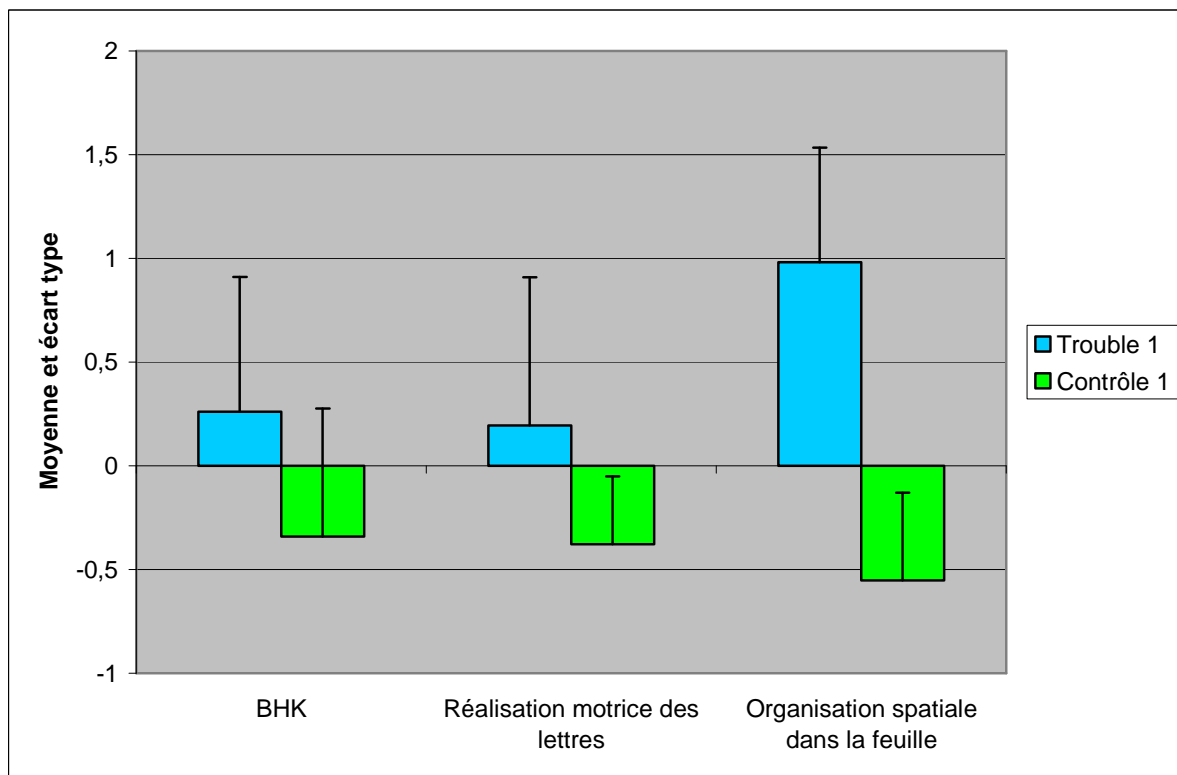


Figure 17 : Moyenne et écart-type des profils Trouble 1 et Contrôle 1 pour l'écriture présentant des différences significatives entre les profils

Il fait ~~très~~ très beau  
je suis bien  
je vais de l'eau  
mais je ne sais pas  
où elle va

Exemple 13 : BHK d'un garçon de 8;10 ans en CE2 suivi pour THADA (Hésitations et tremblement, écriture chaotique, lignes non planes, retouche des lettres et liens entre les lettres)

Il fait très beau  
je suis bien  
je vais de l'eau  
mais je ne sais pas  
où elle va

Exemple 14 : BHK d'un garçon de 11;0 ans en CM2 suivi pour dyslexie (Ecriture grande, lignes non planes et liens entre les lettres)



Le groupe Contrôle 1 réalise de meilleures performances que le groupe Trouble 1 pour la note globale au BHK et pour les facteurs « réalisation motrice des lettres » et « organisation spatiale dans la feuille ». La vitesse d'écriture et les facteurs « formes et constance des lettres » « organisation spatiale des lettres dans le mot » ne montrent pas de différence significative entre le groupe Trouble 1 et le groupe Contrôle 1.

## 2. Comparaisons inter-groupes sur les variables prédictives : groupe avec trouble de l'écriture 1 vs groupe Contrôle 1

Le tableau 50 présente les différences significatives entre les groupes Trouble 1 et Contrôle 1 concernant les variables prédictives.

Tableau 50 : comparaison entre le groupe Trouble 1 et son groupe Contrôle pour les variables prédictives

		Trouble 1		Contrôle1		Mann Whitney		
		N	M (e.t.)	N	M (e.t.)	<i>U</i>	<i>Z</i>	<i>p</i>
Compétences visuo-motrices	<i>Tapping</i> séquentiel : main non dominante	19	40,19 (17,69)	38	30,53 (9,63)	231	-2,20	.05
Estime de soi	SPP : compétences scolaires	19	13,32 (2,67)	38	15,79 (3,06)	194	-2,85	.005
	SPP : valeur propre	19	15,89 (2,83)	38	17,76 (2,38)	220	-2,43	.05

La figure 18 présente les notes moyennes et écarts-types au *tapping* séquentiel de la main non dominante, au SPP concernant les compétences scolaires et au SPP concernant la valeur propre du groupe Trouble 1 et de son groupe Contrôle.

Le groupe Contrôle 1 réalise de meilleures performances que le groupe Trouble 1 pour le *tapping* séquentiel de la main non dominante, le SPP concernant les compétences scolaires et la valeur propre. Les autres variables prédictives ne montrent pas de différence entre ces deux groupes.

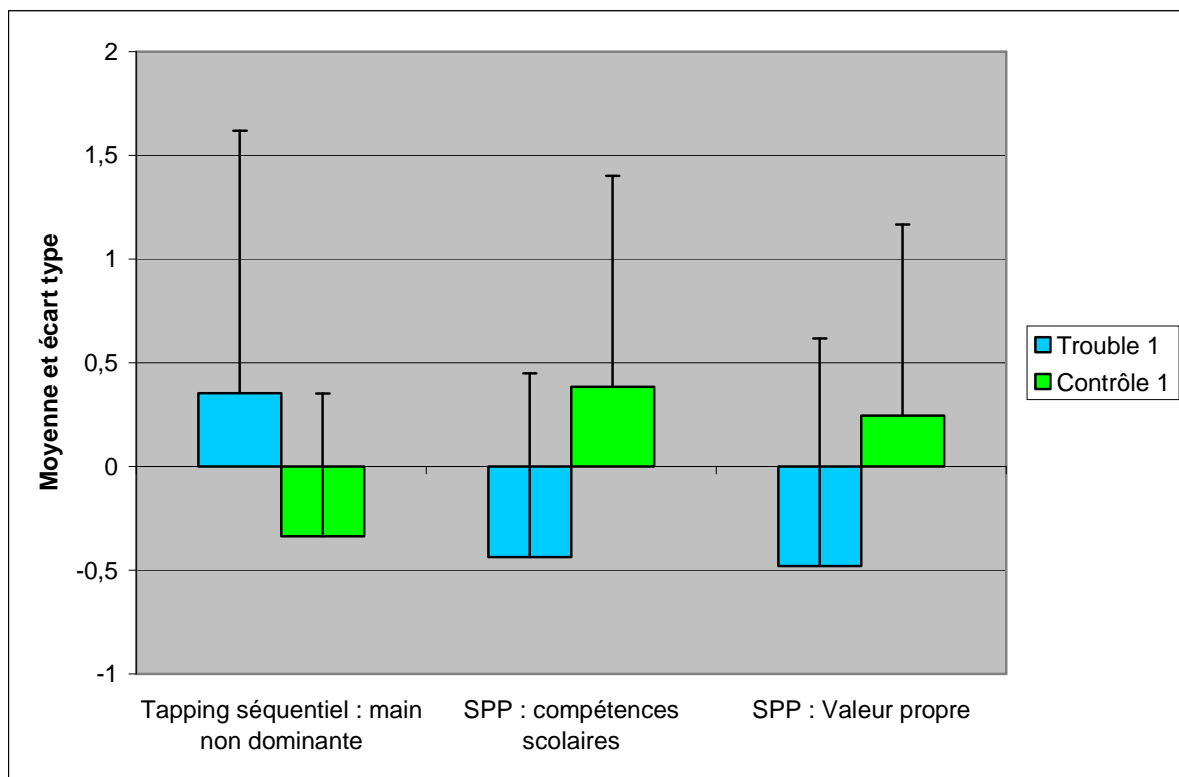


Figure 18 : Moyenne et écart-type des profils Trouble 1 et Contrôle 1 pour les variables prédictives présentant des différences significatives entre les profils

Ce groupe composé de troubles très divers présente des difficultés sur la qualité de l'écriture pour les facteurs « réalisation motrice des lettres » et « organisation spatiale de l'écriture dans la feuille ». Ces troubles de l'écriture semblent être liés à un *tapping* séquentiel de la main non dominante lent et à un déficit en estime de soi à la fois scolaire et de la valeur propre. Ce type de profil n'apparaît pas dans la population d'enfants tout-venant.

### 3. Comparaisons inter-groupes de la posture : groupe avec trouble de l'écriture 1 vs groupe Contrôle 1

Il n'y a pas de différence entre les deux groupes pour le niveau de douleur ( $U=275,50$ ,  $z=-1,30$ , n.s.). Pour la posture d'écriture, seules la position de la tête et celle des jambes présentent des différences entre les deux groupes (Trouble 1 vs Contrôle 1) :

- ◆ les enfants du groupe Contrôle 1 ont davantage la tête penchée du côté du bras non scripteur que les enfants du groupe Trouble 1 (11 enfants sur 18 dans le groupe Trouble 1 vs 38 sur 38 dans le groupe Contrôle 1,  $\chi^2(1, N=56)=16,89$ ,  $p<.001$ ) ;
- ◆ les enfants du groupe Contrôle 1 ont davantage les jambes croisées que dans le groupe Trouble 1 (4 sur 18 dans le groupe Trouble 1 vs 21 enfants du groupe Contrôle 1 sur 38,  $\chi^2(1, N=56)=5,40$ ,  $p<.05$ ).

La posture présente peu de différences entre les deux groupes : les enfants Trouble 1 semblent adopter une posture en déséquilibre en se penchant vers le membre scripteur, mais leur assise paraît plus stable que les enfants Contrôle 1, car ils ne croisent pas leurs jambes.

## B. Profil Trouble 2 : scripteurs présentant des TAC

Ce groupe est composé de quatre garçons et une fille de moyenne d'âge 9;9 ans (e.t.=1,10). Le plus jeune est âgé de 8;9 ans et le plus âgé de 11;3 ans. L'ensemble de ces cinq enfants est pris en charge pour leurs troubles praxiques : les deux qui ne sont pas diagnostiqués dyspraxiques présentent un décalage de plus de 40 points entre leur QI verbal et leur QI performance (information communiquée par le praticien qui les suit) ; c'est pourquoi nous nommons ce groupe « scripteurs présentant des TAC ». Ils sont dans des niveaux scolaires différents (du CE2 au CM2). Il n'y a pas de différence d'âge entre le groupe Trouble 2 et son groupe Contrôle ( $U=61,00$ ,  $z=-0,19$ , n.s.).

### 1. Comparaisons inter-groupes sur le BHK : groupe avec trouble de l'écriture 2 vs groupe contrôle 2

Le tableau 51 présente les différences significatives entre les groupes Trouble 2 et Contrôle 2 concernant l'écriture.

Tableau 51 : Comparaison entre le profil Trouble 2 et son groupe Contrôle pour l'écriture

	Trouble 2		Contrôle 2		Mann Whitney		
	N	M (e.t.)	N	M (e.t.)	<i>U</i>	<i>Z</i>	<i>p</i>
BHK	5	36,40 (8,53)	10	13,80 (6,51)	0,5	-3,01	.001
Formes et constance des lettres	5	8,80 (2,95)	10	3,60 (3,31)	4,5	-2,54	.01
Réalisation motrice des lettres	5	10,00 (2,55)	10	1,20 (1,81)	0,5	-3,06	.001
Organisation spatiale dans le mot	5	6,00 (2,45)	10	1,80 (1,93)	4	-2,6	.01
Organisation spatiale dans la feuille	5	11,60 (3,29)	10	4,70 (1,70)	0,5	-3,02	.001

Le groupe Contrôle 2 réalise de meilleures performances que le groupe Trouble 2 pour la note globale au BHK et pour les facteurs « réalisation motrice des lettres », « formes et constance des lettres », « organisation spatiale des lettres dans le mot » et « organisation spatiale dans la feuille ». La vitesse d'écriture ne montre pas de différence significative entre le groupe Trouble 2 et le groupe Contrôle 2.

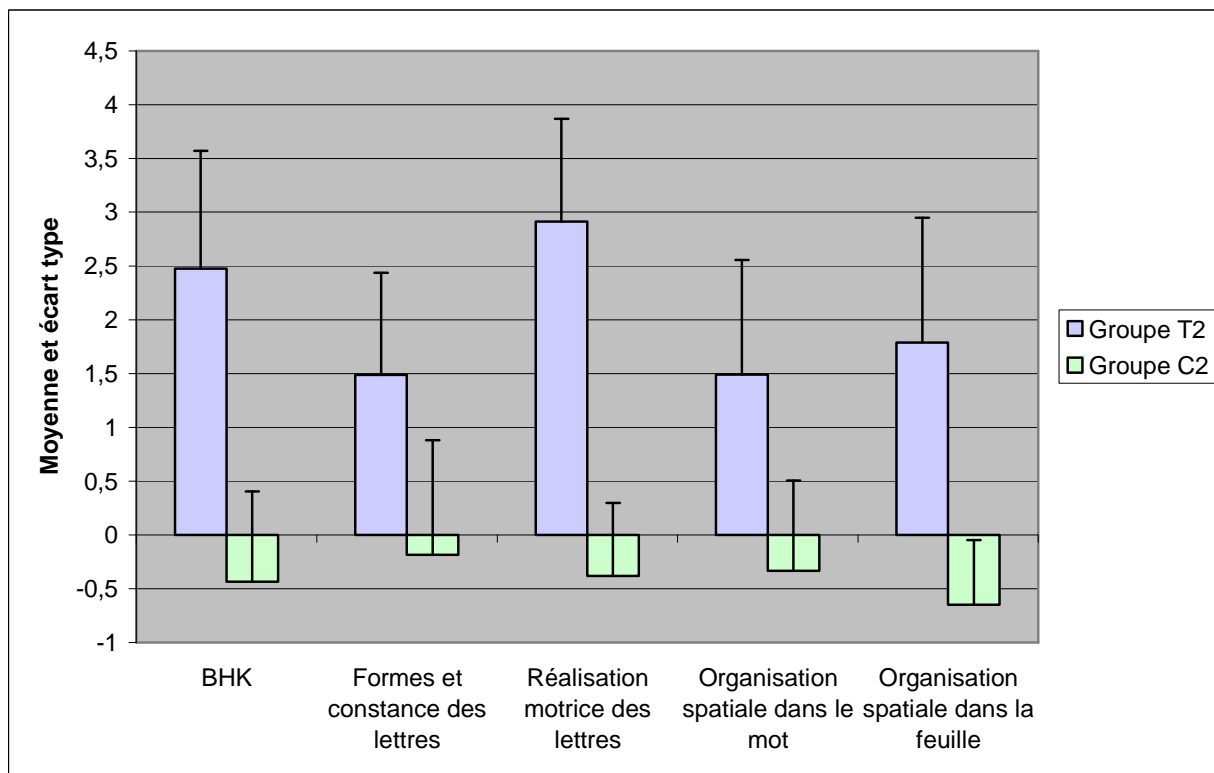


Figure 19 : Moyenne et écart-type des profils Trouble 2 et Contrôle 2 pour l'écriture présentant des différences significatives entre les profils

La figure 19 présente les notes moyennes et écarts- types au BHK et aux facteurs « formes et constance des lettres », « réalisation motrice des lettres », « organisation spatiale dans le mot » et « organisation spatiale dans la feuille » du groupe Trouble 2 et de son groupe Contrôle.

Comme pour la première étude nous présentons en guise d'illustration deux exemples d'écriture d'enfants ayant été catégorisés dans de ce premier profil.

il fait <sup>très</sup> beau  
je suis bien  
je vois de l'eau  
mais je ne sais pas  
où elle va

Exemple 15 : BHK d'une fille de 9;0 ans en CE2 suivie pour TAC (Hésitations et tremblements, écriture grande, écriture chaotique, distorsion des lettres, hauteur relative des lettres, télescopages entre les lettres, lignes non planes et retouche des lettres)

il fait très beau  
je suis bien  
je vois de l'eau  
mais je ne sais pas  
où elle va

Exemple 16 : BHK d'un garçon de 8;9 ans en CM1 suivi pour TAC (Ecriture grande, écriture chaotique, formes des lettres ambiguës, variation de la hauteur des lettres troncs, distorsion des lettres, hauteur relative des lettres, retouches des lettres, liens entre les lettres)

Seule la qualité de l'écriture est déficitaire dans ce groupe contrairement à la vitesse d'écriture qui ne présente pas de différence significative entre les deux groupes. En effet, le groupe Trouble 2 a une qualité inférieure à son groupe Contrôle pour les quatre facteurs de l'écriture et donc pour le score global au BHK.

2. Comparaisons inter-groupes sur les variables prédictives : groupe avec trouble de l'écriture 2 vs groupe contrôle 2

Le tableau 52 présente les différences significatives entre les groupes Trouble 2 et Contrôle 2 concernant les variables prédictives.

Tableau 52 : Comparaison entre le profil Trouble 2 et son groupe Contrôle pour les variables prédictives

		Trouble2		Contrôle2		Mann Whitney		
		N	M (e.t.)	N	M (e.t.)	U	Z	p
Compétences visuo-motrices	<i>Tapping</i> séquentiel : main dominante	5	68,59 (27,37)	10	38,25 (10,87)	9,00	-1,96	.05
	<i>Tapping</i> séquentiel : main non dominante	5	52,97 (17,29)	10	34,967 (9,04)	9,00	-1,96	.05
	Efficience motrice : main non dominante	5	10,20 (2,68)	10	15,10 (2,81)	5,00	-2,46	.01
	Equilibre	5	0,20 (0,45)	10	1,90 (0,32)	0,50	-3,43	.001
Représentations mentales	Test de Bender-Santucci	5	28,00 (8,28)	10	52,80 (10,64)	1,50	-2,89	.001
Estime de soi	SPP : compétences scolaires	5	11,60 (1,34)	10	14,20 (1,87)	5,00	-2,49	.01
Maturation neurologique	Syncinésies : action du membre dominant	5	1,80 (0,84)	10	3,80 (1,40)	5,50	-2,43	.01
Coordinations digitales	<i>Tapping</i> simple : main dominante	5	13,81 (3,22)	10	10,17 (1,18)	5,00	-2,45	.01
	<i>Tapping</i> simple : main non dominante	5	13,22 (1,46)	10	11,51 (1,73)	9,00	-1,96	.05



Le groupe Trouble 2 se montre moins performant que le groupe Contrôle en *tapping* séquentiel, efficacité motrice de la main non dominante, équilibre, test de Bender-Santucci, SPP concernant les compétences scolaires, maturation neurologique lors du mouvement du membre dominant et *tapping* simple (cf. figure 20).

### 3. Comparaisons inter-groupes de la posture : groupe avec trouble de l'écriture 2 vs groupe Contrôle 2

Il n'y a pas de différence entre les deux groupes pour le niveau de douleur ( $U=20,50$ ,  $z=-0,71$ , n.s.). Pour la posture d'écriture, seule la position de la tête présente des différences entre les deux groupes (Trouble 2 vs Contrôle 2) : les enfants du groupe Contrôle 2 ont davantage la tête penchée du côté du bras non scripteur que les enfants du groupe Trouble 2 (2 enfants sur 5 dans le groupe Trouble 2 vs 10 sur 10 dans le groupe Contrôle 2,  $\chi^2(1, N=15)=4,62$ ,  $p<.05$ ).

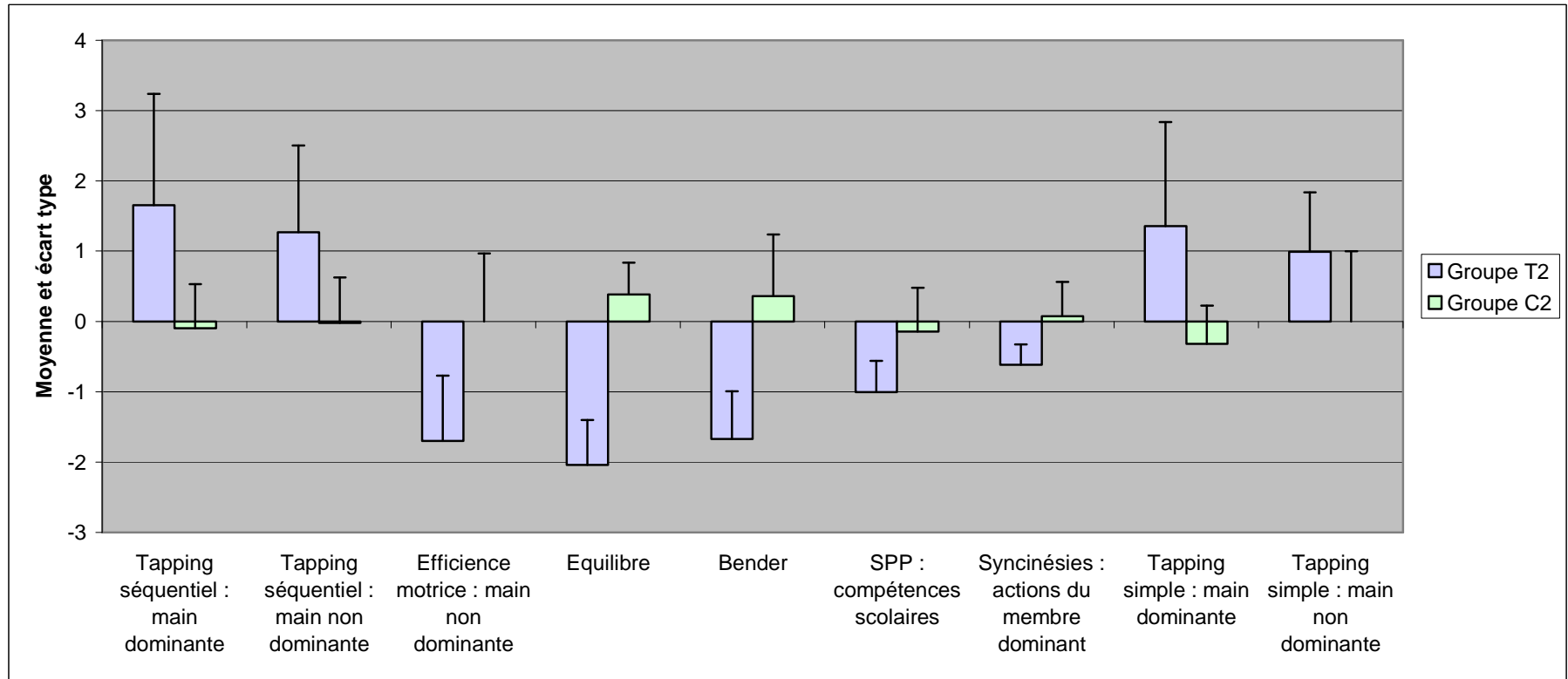


Figure 20 : Moyenne et écart-type des profils Trouble 2 et Contrôle 2 pour les variables prédictives présentant des différences significatives entre les profils

## **DISCUSSION SECONDE ETUDE**

Nous examinerons, d'abord, les différences entre les enfants présentant des troubles de l'écriture et les enfants du groupe Contrôle. Puis, les profils d'enfants avec troubles et les différences avec leurs groupes contrôle seront étudiés.

### **I. Comparaison entre le groupe présentant des troubles et le groupe Contrôle**

Nous pouvons observer qu'il existe de très nombreuses différences entre les deux groupes, en ce qui concerne la qualité de l'écriture : la note globale au BHK, les quatre facteurs et huit des treize items (écriture grande, lignes non planes, écriture chaotique, liens, hauteur relative des lettres, distorsion, retouches des lettres, hésitations et tremblements). Toutes ces différences sont à l'avantage du groupe Contrôle. Nous pouvons donc confirmer que notre groupe Trouble a un niveau inférieur au groupe Contrôle. La vitesse d'écriture ne présente aucune différence entre les deux groupes.

Mais les différences entre les deux groupes pour les variables prédictives sont peu nombreuses (déliement digital, organisation perceptive graphique, estime de soi concernant les compétences scolaires, coordination pouce/index de la main dominante, équilibre, maturation neurologique lors de l'action du membre dominant), ce qui va dans le sens d'une grande diversité dans l'origine des troubles de l'écriture. Les profils que nous avons réalisés sur cette population vont nous éclairer sur cette diversité.

## **II. Comparaisons inter-groupes des postures d'écriture : groupe avec trouble de l'écriture vs groupe contrôle**

Dans le groupe contrôle, les enfants penchent tous leur tête du côté du bras non scripteur, cette position indique que l'ensemble du poids du haut du corps est en appui sur le bras non scripteur. Certains enfants du groupe Trouble ont donc une partie du poids du corps (la tête) qui repose sur le bras scripteur, ce qui peut entraver les mouvements de translation du bras dans la feuille.

En revanche, la position des jambes du groupe Trouble répond à des critères plus académiques que ceux du groupe contrôle. Mais rappelons ici que plus de la moitié des enfants du groupe Trouble avaient déjà commencé leur rééducation graphique au moment du recueil des données. La première étape de la rééducation psychomotrice consiste souvent à rééduquer la posture, les enfants du groupe Trouble ont donc une posture plus adaptée à l'écriture que le groupe Contrôle. Il existe une seconde explication liée au mobilier mis à notre disposition pour la population contrôle, qui était du mobilier destiné aux adultes et donc souvent de taille inappropriée pour les enfants, surtout les plus jeunes. Tandis que les enfants du groupe Trouble avaient un mobilier parfaitement adapté à leurs morphologies.

En ce qui concerne les deux profils présentant des troubles de l'écriture (Trouble 1 et Trouble 2), ces deux profils présentent les mêmes différences avec leur groupe contrôle pour la position de la tête. Les enfants présentant des troubles diversifiés (Trouble 1) croisent moins leurs jambes que leur groupe contrôle. Alors que le groupe avec TAC (Trouble 2) ne présente pas d'autres différences avec son groupe contrôle.

### III. Les différents profils de scripteurs avec troubles de l'écriture

Le groupe Trouble 1, aussi appelé « scripteurs avec troubles hétérogènes du développement », se montre moins performant que le groupe Contrôle au score global du BHK et spécifiquement aux facteurs « réalisation motrice des lettres » et « organisation spatiale dans la feuille ». Ces enfants présentent donc à la fois un trouble de la programmation motrice et de l'organisation spatiale de l'écriture. Ils semblent avoir établi un programme moteur pour chacune des lettres, mais ont des difficultés à programmer des unités de taille plus importante : les mots. Ils n'ont pas encore changé de stratégie de contrôle, ils n'utilisent pas non plus le *feedback* visuel global, ni l'anticipation du regard sur la main, ce qui engendre une organisation spatiale de l'écriture anarchique. Ce profil est très hétérogène, au niveau des pathologies (décrites précédemment, p. 203-204), le faible effectif qui compose la population avec troubles a probablement engendré ce profil qui associe des enfants présentant des troubles différents.

Ces profils (Trouble 1 et Trouble 2) n'apparaissent pas dans la population d'enfants tout-venant, sauf quand les enfants présentent des troubles (*cf.* profil 6 de la population tout-venant). Nous pouvons donc penser qu'un trouble de la programmation motrice associé à des troubles de l'organisation spatiale de l'écriture indiquent des troubles de l'écriture, car cette association de difficultés n'est pas censée apparaître dans le développement de l'enfant tout-venant. En ce qui concerne le recueil de données psychomotrices, la comparaison avec le groupe Contrôle n'apporte que peu d'informations, à cause de l'hétérogénéité de ce profil (Trouble 1). En revanche, le recueil de données conatives indique une faible estime de soi tant pour les compétences scolaires que pour la valeur propre. Nous ne pouvons affirmer le sens de ce lien entre écriture et estime de soi. En effet, les différentes pathologies des enfants peuvent avoir

provoqué cette baisse de l'estime de soi, qui pourrait avoir des conséquences sur l'écriture, ou à l'inverse les difficultés en écriture peuvent engendrer une diminution de l'estime de soi.

Les enfants du groupe Trouble 2, « scripteurs présentant des TAC », ont une qualité de l'écriture dégradée, seule la vitesse d'écriture n'est pas lésée. Les enfants qui composent ce groupe sont atteints de TAC pour les raisons suivantes : une dyspraxie visuo-constructive a été diagnostiquée chez l'un des enfants ; une des enfants a été adressée en psychomotricité pour maladresse ; deux autres enfants présentent une différence de plus de 40 points entre leur QIV et leur QIP, en faveur du QIV (l'un d'entre eux est diagnostiqué précoce, cette différence entre le QIV et le QIP est de 60 points). Enfin, pour le dernier enfant, âgé de 9 ans, aucun diagnostic n'avait été posé lorsque nous l'avions rencontré, mais il était suivi en psychomotricité pour troubles de l'écriture. Lors de la passation des épreuves pour notre recherche, nous avons pu constater qu'il avait d'importantes difficultés aux épreuves suivantes :

- ◆ aux cubes, il a échoué à partir du cinquième item,
- ◆ au rythme, il a échoué dès la deuxième structure,
- ◆ au test de Bender-Santucci, il n'a pas vu que ses figures étaient dissemblables du modèle,
- ◆ aux coordinations oculo-manuelles, ses mouvements étaient très lents,
- ◆ au déliement digital, la coordination/dissociation des doigts était quasiment impossible.

De plus, nous avons pu observer des difficultés pour les activités quotidiennes : il mettait ses vêtements à l'envers, il ne savait pas lacer ses chaussures, boutonner ses vêtements ou fermer une fermeture éclair. Nous avons eu, alors, de forts soupçons de dyspraxies chez cet enfant. Le diagnostic de TAC est confirmé par les tests psychomoteurs que nous avons effectués : trouble du

déliement digital, de la coordination oculo-manuelle, de l'équilibre, de l'organisation perceptive graphique, de la maturation neurologique et de la coordination/dissociation des doigts. Nous pensons que la faible estime de soi concernant les compétences scolaires est une conséquence des troubles graphiques et moteurs. En effet, Piek *et al.* (2006) ont montré que les troubles de la motricité fine entraînent une baisse de l'estime de soi concernant les compétences scolaires.

Suite à cet ensemble d'observations, nous pensons que le BHK permet de différencier les enfants dont les troubles de l'écriture sont liés aux TAC des enfants atteints d'autres troubles de l'écriture. Si, avec une population plus conséquente, un plus grand nombre de profils n'apparaissait pas, alors il serait évident que le BHK dépiste uniquement les enfants avec TAC, mais ne différencie pas les troubles de l'écriture provoqués par les autres pathologies. Donc, une population de taille plus importante permettrait d'obtenir un plus grand nombre de profils de scripteurs avec troubles, mais aussi de tester la solidité de l'analyse factorielle du BHK de cette recherche.

## DISCUSSION GENERALE ET CONCLUSION

La première étude, portant sur les enfants tout-venant âgés de 8 à 12 ans, proposait cinq objectifs pour lesquels nous présentons des conclusions à partir des résultats de notre recherche.

Le premier objectif était de rechercher dans un panel d'items mesurant des processus psychomoteurs, cognitifs et conatifs (étudiés de façon isolée dans les études antérieures), des processus communs qui seraient prédictifs du développement de l'écriture (variables prédictives).

Cette recherche fait apparaître sept facteurs de processus psychomoteurs, cognitifs et conatifs : « représentation mentale », « compétences visuo-motrices », « estime de soi », « coordinations digitales », « maturation neurologique », « schéma corporel » et « régulation tonique ». Mais, seuls les facteurs « représentation mentale », « compétences visuo-motrices », « estime de soi » et « schéma corporel » expliquent la variance des notes qualitatives au BHK chez les enfants âgés de 8 à 12 ans.

Le deuxième objectif était de déterminer, pour une population française, la plurifactorialité de l'écriture sur un test traduit et étalonné sur une population d'enfants français (le BHK). Le terme de plurifactorialité renvoie à l'idée que l'écriture est un processus composite.

L'écriture est un processus plurifactoriel, nos résultats ont montré que le BHK met en évidence quatre facteurs (« réalisation motrice des lettres », « formes et constance des lettres », « réalisation motrice des lettres », « organisation spatiale des lettres dans le mot »). En utilisant des mesures cinématiques de l'écriture, des facteurs supplémentaires apparaîtraient probablement : un test de copie de texte ne mettrait pas en évidence tous les facteurs de l'écriture. Le facteur « formes et constance des lettres » serait en lien avec le programme moteur portant sur des unités motrices courtes : les lettres. La « réalisation motrice des lettres » pourrait être liée au



programme moteur qui unit les unités motrices (les lettres) entre elles : les mots ou les syllabes. Le facteur « organisation spatiale des lettres dans le mot » mettrait en évidence les mécanismes de *feedbacks* locaux du contrôle rétroactif de l'écriture. Le facteur « organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille » mettrait en évidence les mécanismes de *feedbacks* visuels globaux du contrôle proactif de l'écriture. Nous trouvons aussi un lien entre l'âge et le facteur « réalisation motrice des lettres », seul facteur qui semble influencé par l'âge. Ce facteur nécessite une programmation motrice qui lie les unités graphiques (les lettres) entre elles. Nous pouvons affirmer que cette programmation motrice se réalise entre 8 et 10 ans.

Le troisième objectif était de décrire l'influence du sexe, de l'âge et de la latéralité sur les variables prédictives de l'écriture, sur l'écriture (la vitesse et la qualité mesurées par le BHK) et la posture d'écriture, ainsi que sur l'influence de la posture d'écriture sur l'écriture. Le but était de vérifier que les influences constatées par les études antérieures apparaissent avec le BHK.

Les différences d'écriture, entre filles et garçons, en faveur des filles, pourraient être liées à de nombreuses différences de posture entre les deux sexes, les filles adoptant une posture plus académique. En ce qui concerne l'âge, nous venons de voir qu'il influence le facteur « réalisation motrice des lettres », il existe aussi un lien entre vitesse d'écriture et âge : plus l'âge augmente, plus la vitesse s'accroît. La latéralité n'a d'influence que sur la posture d'écriture : chez les gauchers, la main est davantage positionnée au-dessus de la ligne d'écriture, la feuille est moins positionnée dans l'axe du bras, la feuille est davantage placée perpendiculairement à l'axe du bras et le poids est davantage placé sur le bras scripteur. Ces différences de posture n'ont de conséquence ni sur la qualité, ni sur la vitesse d'écriture. Pourtant, sur l'ensemble de la population (gauchers et droitiers confondus) certains éléments posturaux ont un impact sur la qualité de l'écriture : le facteur « réalisation motrice des lettres » est influencé par la position de

la main par rapport à la ligne et la vitesse d'écriture par l'orientation de la feuille : plus la posture est académique, plus le facteur « réalisation motrice des lettres » de meilleure qualité et plus l'écriture est rapide.

Le sexe, l'âge et la posture ont une action coordonnée sur la qualité de l'écriture et sa vitesse.

Le quatrième objectif était d'évaluer l'influence des variables prédictives de l'écriture, étudiées isolément dans les études antérieures, sur une seule population. En effet, si la plupart de ces variables prédictives ont un lien avéré avec l'écriture, l'objectif ici est d'établir l'importance de l'influence de chacune d'elles sur l'écriture : sa vitesse, sa qualité, mais aussi ses différents facteurs.

La vitesse d'écriture est influencée par l'âge, la vitesse de traitement, la maturation neurologique, l'estime de soi concernant les compétences scolaires et physiques, le déliement digital, la mémoire de travail avec effet de récence et les praxies visuo-constructives. Au total, ces six compétences prédisent 55,03% de la variance de l'efficacité de l'écriture. Les compétences qui ont une influence sur la vitesse d'écriture appartiennent à trois facteurs : « représentation mentale », « compétences visuo-motrices » et « estime de soi ».

Le facteur « formes et constance des lettres » est influencé par l'estime de soi concernant les compétences scolaires, la vitesse de traitement, l'équilibre et le traitement de l'information sociale. Au total, ces trois compétences expliquent 9,70% de la variance du facteur. Les compétences qui interviennent dans ce facteur appartiennent aux facteurs « représentation mentale », « compétences visuo-motrices » et « estime de soi ».

Le facteur « réalisation motrice des lettres » est influencé par les coordinations oculo-manuelles et l'organisation perceptive graphique. Au total, ces deux compétences expliquent 8,90% de la variance du facteur. Les compétences qui interviennent dans ce facteur appartiennent aux facteurs « représentation mentale » et « compétences visuo-motrices ».

Le facteur « organisation spatiale des lettres dans le mot » est influencé par la mémoire de travail avec effet de récence, les coordinations oculo-manuelles et l'organisation perceptive graphique. Au total, ces trois compétences expliquent 14,50% de la variance du facteur. Les compétences qui interviennent dans ce facteur appartiennent aux facteurs « représentation mentale » et « compétences visuo-motrices ».

Le facteur « organisation spatiale de l'écriture dans l'espace feuille » est influencé par la vitesse de traitement et la coordination oculo-manuelle. Au total, ces deux compétences expliquent 7,70% de la variance du facteur. Les compétences qui interviennent dans ce facteur appartiennent à un seul facteur « compétences visuo-motrices ».

Les compétences sous-jacentes étudiées dans cette recherche expliquent plus de la moitié de la vitesse d'écriture, quant à la qualité de l'écriture elle n'est que peu expliquée par les compétences choisies pour cette recherche. D'autres compétences sous-jacentes à l'écriture interviennent dans la qualité de l'écriture, ces autres compétences sont à mettre en évidence dans des recherches ultérieures.

Le cinquième objectif était de repérer les profils de scripteurs, ainsi que les processus associés à chacun de ces profils.

Cette recherche a fait apparaître six profils dans la population tout-venant : scripteurs expérimentés, scripteurs avec déficit du contrôle spatial global, scripteurs avec programme moteur instable, scripteur changeant de stratégie de contrôle moteur, scripteurs avec déficit en

contrôle spatial local et scripteurs avec troubles de l'écriture. Ce sixième profil n'est pas un profil de développement, il indique que toute population d'enfants tout-venant est composée d'un petit nombre d'enfants avec des troubles de l'écriture. Dans cette recherche, il y a 3,30% d'enfants avec troubles de l'écriture, certainement provoqués par des troubles instrumentaux ou développementaux. Les cinq premiers profils semblent être des profils de développement, il existerait donc cinq voies de développement chez les enfants âgés de 8 à 12 ans. Seule une étude longitudinale sur ce même groupe d'enfants, permettrait de savoir si ces cinq premiers profils sont différentiels ou développementaux.

Les profils de scripteurs tout-venant montrent des développements de l'écriture très différents, l'âge ne semble pas être un critère fiable pour observer le développement de l'écriture de l'enfant âgé de 8 à 12 ans. Les différences interindividuelles de développement de l'écriture sont importantes sur cette tranche d'âge.

La seconde étude, portant sur les enfants porteurs de troubles de l'écriture âgés de 8 à 12 ans, proposait deux objectifs pour lesquels nous présentons des conclusions à partir des résultats de notre recherche.

Le premier objectif était de rechercher les différences à la fois pour l'écriture et pour les processus psychomoteurs, cognitifs et conatifs entre les enfants présentant des troubles de l'écriture et les enfants tout-venant.

Les notes du groupe Trouble au BHK, aux quatre facteurs et à huit des treize items (Ecriture grande, Lignes non planes, Ecriture chaotique, Liens, Hauteur relative des lettres, Distorsion, Retouches des lettres, Hésitations et tremblements) sont inférieures aux notes du groupe contrôle. Le BHK identifie clairement les enfants présentant des troubles de l'écriture. Le niveau de déliement digital, d'organisation perceptive graphique, d'estime de soi concernant les

compétences scolaires, de coordination pouce/index de la main dominante, d'équilibre et de maturation neurologique lors de l'action du membre dominant est plus faible chez les enfants présentant des troubles de l'écriture que chez les enfants du groupe contrôle.

Le second objectif était de réaliser des profils de scripteurs présentant des troubles de l'écriture et nous avons repéré les processus associés à chacun de ces profils.

Cette recherche n'a fait apparaître que deux profils scripteurs présentant des troubles de l'écriture. Ce faible nombre de profils peut avoir deux explications : soit le BHK ne permet pas de distinguer les différentes formes de troubles de l'écriture (par un nombre trop faible d'items ou une échelle en cinq points trop petite), soit le nombre de participants était trop faible. Une nouvelle étude avec un nombre plus important de participants présentant des troubles développementaux et instrumentaux variés permettrait de clarifier ce problème. Le BHK distingue donc les troubles de l'écriture liés aux TAC des troubles de l'écriture liés à d'autres pathologies. Cette observation nous amène à évoquer notre positionnement, qui consiste à utiliser la formulation « trouble de l'écriture » et non celle de dysgraphie. En effet, la dysgraphie semble indiquer une pathologie développementale à part entière, or nous pensons que la dysgraphie n'existe pas, mais que les troubles de l'écriture sont des symptômes d'autres pathologies.

Nous pouvons expliquer les troubles de l'écriture liés aux TAC par des difficultés en déliement digital, en coordination oculo-manuelle, en équilibre, en organisation perceptive graphique, en estime de soi concernant les compétences scolaires, en maturation neurologique et en coordination digitale.

Dans le deuxième profil « scripteurs avec troubles hétérogènes du développement », les pathologies étant nombreuses, l'origine des troubles de l'écriture est plus difficile à déterminer.

Seuls le déliement digital et l'estime de soi à la fois scolaire et de la valeur propre présentent un déficit dans ce profil.

Cette étude présente des débouchés à la fois pédagogiques et cliniques. Nous pouvons donc conclure que le geste d'écriture demande à être entraîné tout au long de l'enseignement scolaire à la fois par la pratique de l'écriture, mais aussi par d'autres pratiques comme des exercices de déliement digital, de coordination oculo-manuelle, par exemple. L'école semble considérer que l'écriture est acquise dès 7 ans en CE1 car il n'en est plus question dans le programme scolaire dès 8 ans en CE2. Or, nous avons vu précédemment que l'écriture est encore en développement au moins jusqu'à la fin de l'école primaire. Il serait de l'intérêt de l'enfant de stimuler les différentes compétences, comme la coordination oculo-manuelle, la mémoire de travail, l'organisation perceptive graphique, l'équilibre ou la vitesse de traitement, jusqu'à la fin de l'école primaire. En effet, si l'enfant acquiert l'automatisation de l'écriture de manière plus aisée, il sera alors plus disponible aux autres apprentissages, car la charge cognitive diminuera. Lurçat (1988) le confirme, « il faut avoir automatisé le geste, la forme, la trajectoire, l'orthographe, la vitesse, pour que puisse s'exercer sans entrave le contrôle de la signification. » (p. 74).

Cette étude permettra aux rééducateurs, notamment les psychomotriciens, d'adapter leurs prises en charge aux patients : par exemple, si l'enfant présente un déficit dans le facteur « réalisation motrice des lettres », ils sauront que leur rééducation devra s'axer en priorité sur la stimulation de la coordination oculo-manuelle et l'organisation perceptive graphique. Par ailleurs, si les quatre facteurs de l'écriture sont déficitaires, les rééducateurs pourront s'orienter vers une suspicion de TAC et ainsi organiser un dépistage, puis une prise en charge globale de l'enfant avec une équipe pluridisciplinaire.

## BIBLIOGRAPHIE

- Ackerman, P.L., Bowen, K.R., Beier, M.E., & Kanfer, R. (2001). Determinants of individual differences and gender differences in knowledge. *Journal of educational psychology*, 93(4), 797-825.
- Adi-Japha, E., Landau, Y.E., Frenkel, L., Teicher, M., Gross-Tsur, V. & Shalev, R.S (2007). ADHD and dysgraphia : underlying mechanisms. *Cortex*, 43, 700-709.
- Ajuriaguerra (de), J., Auzias, M., Coumes, F., Denner, A., Lavondes-Monod, V., Perron, R. & Stambak, M. (1956-1989). *L'écriture de l'enfant : l'évolution de l'écriture et ses difficultés*. Tome 1. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- Ajuriaguerra (de), J. (2002). L'évolution des syncinésies chez l'enfant – Place des syncinésies dans le cadre de la débilité motrice. *Neuropsychiatrie de l'enfance et de l'adolescence*, 50, 343-345.
- Albaret, J.M. (2001). Les troubles psychomoteurs chez l'enfant. *Encyclopédie Médico-Chirurgicale*, Pédiatrie, 4-101-H-30, Psychiatrie, 37-201-F-10, Paris : Elsevier.
- Albaret, J. M. (1995). Evaluation psychomotrice des dysgraphies. *Rééducation orthophonique*, 33 (181).
- Albaret, J.M. (2003). Intérêt de la mesure dans l'examen psychomoteur. *Evolutions psychomotrices*, 15 (60), 65-74.
- Alloway, T.P. & Temple, K.J. (2007). A comparison of working memory skills and learning in children with developmental coordination disorder and moderate learning difficulties. *Applied cognitive psychology*, 21, 473-487.

- American Psychiatric Association (1996). *Mini DSM-IV : Critères diagnostiques*. Traduction française J.-D. Guelfi *et al.*. Paris: Masson.
- Amiel-Tison, C. & Gosselin, J. (2009). *Démarche clinique en neurologie du développement*. Issy-les-Moulineaux : Masson.
- Assaiante, C. (1998). Development of locomotor balance control in healthy children. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 22(4), 527-532.
- Assaiante, C., & Amblard, B. (1995). An ontogenetic model for the sensorimotor organization of balance control in humans. *Human movement science*, 14, 13-43.
- Åstrad, P.-O. & Rohdal, K. (1970-1986). *Précis de physiologie de l'exercice musculaire*. Paris : Masson.
- Athènes, S., & Guiard, Y. (1990). Les postures d'écriture. In C. Sirat, J. Irigoien & E. Poulle (Eds.), *Actes du colloque international du centre national de la recherche scientifique : Vol. 10. L'écriture, le cerveau, l'œil et la main*, (pp. 59-73). Paris: Brepols turnhout.
- Athènes, S., Sallagoïty, I., Zanone, P.-G. & Albaret, J.-M. (2004). Evaluating the coordination dynamics of handwriting. *Human movement science*, 23, 621-641.
- Auzias, M. (1970). *Les troubles de l'écriture chez l'enfant*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- Auzias, M. & Ajuriaguerra (de), J. (1986). Les fonctions culturelles de l'écriture et les conditions de développement chez l'enfant. *Enfance*, 2(3), 145-167.
- Baddeley, A. (1992). *La mémoire humaine, théorie et pratique*. Grenoble : Presses universitaires de Grenoble.



- Bard, C., & Hay, L. (1983). Etude ontogénétique de la coordination visuo-manuelle. *Revue canadienne de Psychologie*, 37(3), 390-413.
- Barisnikov, K. & Pizzo, R. (2007). L'examen des compétences visuo-spatiales. In M.-P. Noël (Ed.), *Bilan neuropsychologique de l'enfant*, (pp.139-170). Wavre : Mardaga.
- Barrett, M., & Buchanan-Barrow, E. (2004). Emergent in the study of children's understanding of society. In M. Barrett & A. Buchanan-Barrow (Eds.), *Children's understanding of society*, (pp.1-16). New York : Psychology press.
- Bastin, L. & Deroux, C. (2007). Evaluation des capacités attentionnelles chez l'enfant. In M.-P. Noël (Ed.), *Bilan neuropsychologique de l'enfant*, (pp.139-170). Wavre : Mardaga.
- Bloch, H., Dépret, E., Gallo, A., Garnier, P., Gineste, M.-D., Leconte, P., Le Ny, J.-F., Postel, J., Reuchlin, M. & Casalis, D. (1997). *Dictionnaire fondamental de la psychologie*. Paris : Larousse.
- Beaufils, B. (1996). *Statistiques appliquées à la psychologie*. Paris : Bréal.
- Bonfante, L., Chadwick, J., Cook, B.F., Davies, W.V., Healey, J.F., Hooker, J.T., & Walker, C.B.F. (1994). *La naissance des écritures : du cunéiforme à l'alphabet*, Paris : Editions du Seuil.
- Bruinsma, C. & Nieuwenhuis, C. (1991). A new method for the evaluation of handwritten material. In J. Wann, A. M. Wing et N. Sovik (Eds.), *Development of graphic skills* (pp. 41-51). London: Academic Press.
- Buitelaar, J. & Bergsma, A. (2000). *Troubles déficitaires de l'attention/ troubles hyperkinétiques : diagnostic et traitement des stimulants*, Strasbourg : Edition du conseil de l'Europe.

- Bullinger, A. (2003). Place et rôle de l'équilibre sensoritonique chez l'enfant d'âge scolaire. *Neuropsychiatrie de l'enfance et de l'adolescence*, 299-302.
- Bullinger, A. (2004). *Le développement sensori-moteur de l'enfant et ses avatars : un parcours de recherche*. Ramonville St Agne : ERES.
- Carricano, M., & Pujol, F. (2008). *Analyse de données avec SPSS*. Paris : Pearson Education France.
- Casey, J.E., & Rourke, B.P. (2002). Somatosensory perception in children. In F. Boller & J. Grafman (Eds.), *Handbook of neuropsychology : Child neuropsychology* (pp. 385-404). Amsterdam : Elsevier science B.V.
- Charles, M., Soppelsa, R., & Albaret, J.-M. (2004). *BHK : Echelle d'évaluation rapide de l'écriture chez l'enfant*. Paris : EAP.
- Chartrel, E., & Vinter, A. (2004). L'écriture : Une activité longue et complexe à acquérir. *Approche Neuropsychologique de l'Apprentissage chez l'Enfant*, 78, 174-180.
- Chartrel, E. & Vinter, A. (2008). The impact of spatio-temporal constraints on cursive letter handwriting in children. *Learning and instruction*, 18, 537-547.
- Claiborne, R. (1975). *Le miracle de l'écriture*. Time-Life.
- Cohen, M., & Peignot, J. (2005). *Histoire et art de l'écriture*, Paris : Robert Laffont.
- Coste, J.-C. (1977). *La psychomotricité*, Paris : Presses universitaires de France.
- Dancey, C.P., & Reidy, J. (2007). *Statistiques sans maths pour psychologue*. Paris : De Boeck.

- Das, J.-P. (1973). Structure of cognitive abilities: evidence for simultaneous and successive processing. *Journal of educational psychology*, 65(1), 103-108.
- Das, J.-P., Kirby, J. & Jarman, R.F. (1975a). Simultaneous and successive syntheses: an alternative model for cognitive abilities. *Psychological Bulletin*, 82(1), 87-103.
- Das, J.-P. & Molloy, G.N. (1975b). Varieties of simultaneous and successive processing in children. *Journal of educational psychology*, 67(2), 213-220.
- Del Giudice, E., Grossi, D., Angelini, R., Grisanti, A.F., Latte, F., Fragassi, N.A. & Trojans, L. (2000). Spatial cognition in children, I, development of drawing-related (visuospatial and constructional) abilities in preschool and early years. *Brain and development*, 22, 362-367.
- Dorfberger, S., Adi-Japha, E. & Karni, A. (2009). Sex differences in motor and motor learning in children and adolescents : An increasing male advantage in motor learning and consolidation phase gains. *Behavioral brain research*, 198, 165-171.
- Doron, R. & Parot, F. (1991). *Dictionnaire de psychologie*. Paris : Presse universitaire de France.
- Fagard, J. (2004). *Droitiers/Gauchers : des asymétries dans tous les sens*. Marseille : Solal.
- Fayasse, M. & Thibaut, J.-P. (2003). Les troubles visuo-constructifs dans le syndrome de Williams. *L'année psychologique*, 104, 695-727.
- Ferreiro, E. (2000). *L'écriture avant la lettre*. Paris : Hachette.
- Furnham, A., Chamorro-Premuzic, T., & Callahan, I. (2003). Does graphology predict personality and intelligence?. *Individual differences research*, 1(2), 78-94.
- Fraisse, P. (1974). *Psychologie du rythme*. Paris : Presses universitaires de France.

- Gaudreau, J. (2001). La complexe figure complexe de Rey ou pourquoi la figure complexe de Rey est-elle si complexe ?. *Revue québécoise de psychologie*, vol. 22 (1), 21-31.
- Gauthier, G.M., Vercher J.-L., Ebihara, Y., Marchetti, E., & Mandelbrojt, P. (1985). Le contrôle du système visuo-oculo-manuel. In J. Paillard (Ed.), *La lecture sensorimotrice et cognitive de l'expérience spatiale* (pp 71-79). Paris : Editions du CNRS.
- Geuze, R.H. (2005). *Le trouble de l'acquisition de la coordination : évaluation et rééducation de la maladresse chez l'enfant*. Marseille : SOLAL.
- Gérard, C.-L., & Brun, V. (2005). *Les dyspraxies de l'enfant*. Paris : Masson.
- Goyen, T.-A., & Duff, S. (2005). Discriminant validity of the development test of visual-motor integration (VMI) in relation to children with handwriting dysfunction. *Australian occupational therapy journal*, 52, 109-115.
- Goudreau, R. (2000). Le développement des processus de contrôle attentionnel. *Psychologie Québec*, 12, 24-27.
- Graham, S., Stuck, M., Santoro, J., & Berninger, V.W. (2006). Dimensions of good and poor handwriting legibility in first and second graders: motor programs, visual-spatial arrangement, and letter formation parameter setting. *Developmental neuropsychology*, 29(1), 43-60.
- Grégoire, J. (2006). *L'examen clinique de l'intelligence de l'enfant: Fondements et pratique de WISC-IV*. Sprimont : Mardaga.
- Hamstra-Bletz, L. & Blöte, A.W. (1990). Development of handwriting in primary school: a longitudinal study. *Perceptual and motor skills*, 70, 759-770.

- Haines, C.R., Brown, J.B., Grantham, E.B., Rajagopalan, V. S. & Sutcliff, P.V. (1985). Neurodevelopmental screen in the school entrant medical examination as a predictor of coordination and communication difficulties. *Archives of disease in childhood*, 60, 1122-1127.
- Haines, C. (2003). Sequencing co-ordination and rhythm ability in young children. *Child: care, health and development*, 29 (5), 395-409.
- Hatano, G. & Takahashi, K. (2004). The development of societal cognition : A commentary. In M. Barrett & A. Buchanan-Barrow (Eds.), *Children's understanding of society*, (pp.1-16). New York : Psychology press.
- Henderson, D.B. & Greenwald, A.G. (1971). Two developmental tests of ideomotor theory. *Developmental psychology*, 4(3), 484-485.
- Higounet, C. (1955). *L'écriture. Que sais-je?* Paris: Presse Universitaire de France.
- Hirabayashi, S.-I. & Iwasaki, Y. (1995). Developmental perspective of sensory organization on postural control. *Brain and development*, 17, 111-113.
- Hiriartborde, E. & Fraisse, P. (1968). *Les aptitudes rythmiques*. Paris : Centre national de la recherche scientifique.
- Joly, F. (2008). *L'enfant hyperactif*, Montreuil: Editions du papyrus.
- Jongmans, M.J., Smits-Engelsman, B.C.M., & Schoemaker, M.M. (2003). Consequences of comorbidity of developmental coordination disorders and learning disabilities for severity and pattern of perceptual-motor dysfunction. *Journal of learning disabilities*, 36(6), 528-537.
- Kaiser, M.-L., Albaret, J.-M. & Doudin, P.-A. (2009). Relationship between visual-motor integration, eye-hand coordination, and quality of handwriting. *Journal of occupational therapy, schools and early intervention*, 2(2), 87-95.

- Kaufman, A.S., & Kaufman, N.L. (1993). *Batterie pour l'examen psychologique de l'enfant*. Paris : ECPA.
- Korkman, M., Kirk, U. & Kemp, S. (2003). *Bilan neuropsychologique de l'enfant*. Paris: ECPA.
- Lochy, A., Zesiger, P., & Seron, X. (2001). Motor complexity of digits: a descriptive study through a kinematic approach. *Cahiers de psychologie cognitive/current psychology of cognition*, 20 (1-2), 19-36).
- Longcamp, M., Zerbato-Poudou, M.-T., & Velay, J.-L. (2005). The influence of writing practice on letter recognition in preschool children : a comparison between handwriting and typing. *Acta psychologica*, 119, 67-79.
- Longstaff, M. G., & Heath, R. A. (1997). Space-time invariance in adult handwriting. *Acta psychologica*, 97, 201-214.
- Lurçat, L. (1974). *Etudes de l'acte graphique*. Paris : Mouton.
- Lurçat, L. (1979). *L'enfant et l'espace: le rôle du corps*. Paris : PUF.
- Lurçat, L. (1985). *L'écriture et le langage écrit de l'enfant en école maternelle et élémentaire*. Paris : ESF.
- Lurçat, L. (1988). *De la nécessité de l'écriture manuscrite comme écriture première*. *Psychologie scolaire*, 66, 73-77.
- Maeland, A. F. (1992). Handwriting and perceptual-motor skills in clumsy, dysgraphic and "normal" children. *Perceptual and motor skills*, 75 (3), 1207-1217.

- Marr, D. & Cermak, S. (2002). Predicting handwriting performance of early elementary students with the developmental test of VMI. *Perceptual and motor skills*, 95, 661-669.
- Massion, J., Amblard, B. Assaiante, C., Mouchino, L., & Vanazza, S. (1998). Body orientation and control of coordinated movements in microgravity. *Brain research review*, 28, 83-91.
- Mazeau, M. (2005). *Neuropsychologie et troubles des apprentissages*. Paris: Masson.
- Menary, R. (2007). Writing as thinking. *Language sciences*, 29, 627-632.
- Meulenbroek, R.G.J., Van Galen, G.P. (1988). The acquisition of skilled handwriting : discontinuous trends in kinematic variables. In A. M. Cooley & J. R. Beech (Eds), *Cognition and action in skilled behavior* (pp. 273-281). Amsterdam : North Holland.
- Meulenbroek, R.G.J., Van Galen, G.P., Hulstijn, M., Hulstijn, W., & Bloemsaat, G. (2005). Muscular co-contraction covaries with task load to control the flow of motion in fine motor tasks. *Biological psychology*, 68, 331-352.
- Mojena, R. (1975). Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. *The computer journal*, 20 (4), 359-363.
- Mojet, J. W. (1991). Characteristics of the developing handwriting skill in elementary education. In J. Wann, A. M. Wing et N. Sovik (Eds.), *Development of graphic skills* (pp. 53-75). London: Academic Press.
- Nunnally, J.C. & Bernstein, I.R. (1994). *Psychometric theory*. : McGraw-Hill.
- Paillard, J. (1976). Tonus, postures et mouvement. In C. Kayser (Ed.), *Physiologie*, (pp. 521-728). Paris : Flammarion.

- Paillard, J. (1990). Les bases nerveuses du contrôle visuo-manuel de l'écriture. In C. Sirat, J. Irigoien & E. Poulle (Eds.), *Actes du colloque international du centre national de la recherche scientifique : Vol. 10. L'écriture, le cerveau, l'œil et la main*, (pp. 23-57). Paris: Brepols turnhout.
- Paine, R. W., Grossberg, S., & Van Gemmert, A.W.A. (2004). A quantitative evaluation of the AVITEWRITE model of handwriting learning. *Human movement science*, 23, 837-860.
- Pêcheux, M.-G. (1990). *Le développement des rapports des enfants à l'espace*. Paris: Nathan.
- Peeples, E.E. & Retzlaff, P.D. (1991). A component of analysis of handwriting. *The journal of general psychology*, 118(4), 369-374.
- Pellizzer, G. & Hauert, C.-A. (1996). Visuo-manual aiming movements in 6- to 10-year-old children: evidence for an asymmetric and asynchronous development of information processes. *Brain and cognition*, 30, 175-193.
- Phelps, J. Stempel, L., & Speck, G. (1985). The children's handwriting scale: a new diagnostic tool. *Journal of educational research*, 79(1), 46-50.
- Piek, J. P., Baynam, G. B., & Barrett, N. C. (2006). The relationship between fine and gross motor and self-worth in children and adolescents. *Human movement science*, 25, 65-75.
- Piek, J.P., Dawson, L., Smith, L.M. & Gasson, N. (2008). The role of early fine and gross motor development on later motor and cognitive ability. *Human movement science*, 27, 668-681.
- Pireyre, E. (2000). Epreuve de tempo spontané et de reproduction de structures rythmiques de Mira Stambak : nouvel étalonnage. *Evolutions psychomotrices*, 47, 32-43.
- Postel, J. (1998). *Dictionnaire de psychiatrie et de psychopathologie clinique*. Paris : Larousse.



Puthod, M.-F., & Guibourdenche, P. (2004). *L'histoire de l'écriture*. Mouans Sartoux : PEMF.

Reimer, A.M., & Smits-Engelsman, B.C.M. (1999). Development of an instrument to measure manual dexterity in children with visual impairments aged 6-12. *Journal of visual impairment and blindness*, 93 (10), 643-658.

Santamaria, M. & Albaret, J.-M. (1996). Troubles graphomoteurs chez les enfants d'intelligence supérieure. *Evolutions psychomotrices*, 8(33), 112-120.

Schillings, J.J., Meulenbroek, R.G.J., & Thomassen, A.J.W.M. (1998). Functional properties of graphic workspace: assessment by means of a 3D geometric arm model. *Acta psychologica*, 100, 97-115.

Schneuwly, B. (2008). Vygotski, l'école et l'écrit. *Cahier de la section des sciences de l'éducation*, 118, 105-116.

Schoemaker, M.M., Smits-Engelsman, B.C.M., & Jongmans, M.J. (2003). Psychometric properties of the Movement Assessment Battery for Children-Checklist as a screening instrument for children with a developmental co-ordination disorder. *British journal of educational psychology*, 425-441.

Skinner, R.A., & Piek, J.P. (2001). Psychosocial implications of poor motor coordination in children and adolescents. *Human movement science*, 20, 73-94.

Smits-Engelsman, B.C.M., & Van Galen, G.P. (1997). Dysgraphia in children: lasting psychomotor deficiency or transient developmental delay?. *Journal of experimental child psychology*, 67, 164-184.

Smits-Engelsman, B.C.M., Niemeijer, S., & Van Galen, G.P. (2001). Fine motor deficiencies in children diagnosed as DCD based on poor grapho-motor ability. *Human movement science*, 20, 161-182.

- Smits-Engelsman, B.C.M., Westenberg, Y., & Duysens, J. (2003). Development of isometric force and force control in children. *Cognitive brain research*, 17, 68-74.
- Smits-Engelsman, B.C.M., Swinnen, S.P., & Duysens, J. (2004). Are graphomotor tasks affected by working in the contralateral hemispace in 6- to 10- years old children?. *Motor control*, 8, 521-533.
- Soprano, A. M., & Narbona, J. (2009). *La mémoire de l'enfant*. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson.
- Stambak, M., L'Hériteau, D., Auzias, M., Bergès, J. & Ajuriaguerra, J. (1964). Les dyspraxies chez l'enfant. *Psychiatrie de l'enfant*, 7(2), 381-496.
- Ste-Marie, D.M., Clark, S.E., Findlay, L.C., & Latimer, A.E. (2004). High levels of contextual inference enhance handwriting skill acquisition. *Journal of motor behaviour*, 36(1), 115-126.
- Super, D.E. (1992). A comparison of graphologist with results of psychological tests. *Journal of consulting and clinical psychology*, 60(3), 323-326.
- Thiry, B. (2008). Graphologie et personnalité selon le modèle en cinq facteurs. *Psychologie française*, 53, 399-410.
- Thomassen, A.J.W.M., & Meulenbroek, R.G.J. (1998). Low frequency periodicity in the coordination of progressive handwriting. *Acta psychologica*, 100, 133-144.
- Tucha, O., Mecklinger, L., Walitza, S. & Lange, K.W. (2006). Attention and movement execution during handwriting. *Human movement science*, 25, 536-552.
- Tsai, C.-L., Wu, S.K., & Huang, C.-H. (2008). Static balance in children with developmental coordination disorder. *Human movement science*, 27, 142-153.

- Vaivre-Douret, L. (2007). Troubles d'apprentissage non verbal : dyspraxies développementales. *Archives de pédiatrie*, 14, 1341-1349.
- Vaivre-Douret, L. (2004). Les caractéristiques développementales d'un échantillon d'enfants tout-venant à « hautes potentialités » (surdoués) : suivi prophylactique. *Neuropsychiatrie de l'enfance et de l'adolescence*, 52, 129-141.
- Van Den Heuvel, C.E., Van Galen, G.P., Teulings, H.-L., & Van Gemmert, A.W.A. (1998). Axial pen force increases with processing demands in handwriting. *Acta psychologica*, 100, 145-159.
- Van Galen, G.P. (1991). Issues for a psychomotor theory. *Human movement science*, 10, 165-191.
- Van Galen, G.P., & Van Huygevoort, M. (2000). Error, stress and the role of neuromotor noise in space oriented behaviour. *Biological psychology*, 51, 151-171.
- Vantalou, V. (2005). *L'enfant hyperactif*, Montrouge : Editions John Libbey Eurotext.
- Viau, R. (1994). *La motivation en contexte scolaire*. Bruxelles : De Boeck.
- Vinter, A., & Zesiger, P. (2007). L'écriture chez l'enfant: apprentissage, troubles et évaluation. In Lautrey, J. (2007). *Psychologie du développement et de l'éducation*, Paris : Presses.
- Vlachos, F., & Bonoti, F. (2006). Explaining age and sex differences in children's handwriting: a neurobiological approach. *European Journal of Developmental Psychology*, 3, 113-123.
- Wilmot, K., Brown, J.H., & Wann, J.P. (2007). Attention disengagement in children with development coordination disorder. *Disability and rehabilitation*, 29(1), 47-55.

Wechsler, D. (2005). *Echelle d'intelligence de WECHSLER pour enfants et adolescents quatrième édition*, Paris : ECPA.

Weintraub, N. & Graham, S. (2000). The contribution of gender, orthographic, finger function and visual-motor processes to the prediction of handwriting status. *The occupational therapy journal of research*, 20(2), 121-140.

Zazzo, R., Gallifret-Granjon, N., Hurtig, M. C., Mahon, T., Pêcheux, M. G., Santucci, H., & Stambak, M. (1979). *Manuel pour l'examen psychologique de l'enfant I*, Paris : Delachaux et Niestlé.

Zesiger, P. (1995). *Ecrire: approches cognitive, neuropsychologique et développementale*. Paris : 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(5), 743-763.

Zesiger, P., Deonna, T., & Mayor, C. (2000). L'acquisition de l'écriture. *Enfance*, 3, 295-304.

Zesiger, P. (2003). Acquisition des troubles de l'écriture. *Enfance*, 1, 56-64.

# ANNEXES

## SOMMAIRE DES ANNEXES

ANNEXE A : Protocole	I
ANNEXE B : Echelle de douleur	VIII
ANNEXE C : Test de Bender-Santucci	IX
ANNEXE D : SPP	XI
ANNEXE E : Autorisations parentales	XIV

## ANNEXE A : Protocole

Numéro :

Date de naissance : .../.../...

Date de passation : .../.../...

Age au moment de la passation : ... années ... mois ... jours

Niveau scolaire : .....

Sexe : ...

Lieu de passation : .....

Diagnostic ou origine de la consultation :

Observations :

### Espace :

Sur soi :

- |                                 |                                |                               |
|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| - montre moi ton oreille gauche | <input type="checkbox"/> juste | <input type="checkbox"/> faux |
| - montre moi ta main droite     | <input type="checkbox"/> juste | <input type="checkbox"/> faux |
| - montre moi ton pied gauche    | <input type="checkbox"/> juste | <input type="checkbox"/> faux |
| - montre moi ton œil droit      | <input type="checkbox"/> juste | <input type="checkbox"/> faux |

Note : ... /4

Sur autrui :

- |                                 |                                |                               |
|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| - montre moi mon oreille gauche | <input type="checkbox"/> juste | <input type="checkbox"/> faux |
| - montre moi ma main droite     | <input type="checkbox"/> juste | <input type="checkbox"/> faux |
| - montre moi mon pied gauche    | <input type="checkbox"/> juste | <input type="checkbox"/> faux |
| - montre moi mon œil droit      | <input type="checkbox"/> juste | <input type="checkbox"/> faux |

Note : .../4

Par rapport à deux objets :

- |                                   |                                |                               |
|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| - A est à droite ou à gauche de B | <input type="checkbox"/> juste | <input type="checkbox"/> faux |
| - B est à droite ou à gauche de A | <input type="checkbox"/> juste | <input type="checkbox"/> faux |

Note : .../2

Par rapport à trois objets :

- |                                   |                                |                               |
|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| - A est à droite ou à gauche de B | <input type="checkbox"/> juste | <input type="checkbox"/> faux |
| - C est à droite ou à gauche de B | <input type="checkbox"/> juste | <input type="checkbox"/> faux |
| - A est à droite ou à gauche de C | <input type="checkbox"/> juste | <input type="checkbox"/> faux |
| - B est à droite ou à gauche de C | <input type="checkbox"/> juste | <input type="checkbox"/> faux |

Note : .../4

**Gnosies digitales ou distinction de doigts (NEPSY) :**

Montre moi le doigt que j'ai touché ?

Doigts	Main droite	Main gauche
1	<input type="checkbox"/> juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)	<input type="checkbox"/> juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)
3	<input type="checkbox"/> juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)	<input type="checkbox"/> juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)
5	<input type="checkbox"/> juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)	<input type="checkbox"/> juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)
1 & 3	<input type="checkbox"/> 2 justes (2) <input type="checkbox"/> 1 juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)	<input type="checkbox"/> 2 justes (2) <input type="checkbox"/> 1 juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)
2	<input type="checkbox"/> juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)	<input type="checkbox"/> juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)
4	<input type="checkbox"/> juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)	<input type="checkbox"/> juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)
2 & 5	<input type="checkbox"/> 2 justes (2) <input type="checkbox"/> 1 juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)	<input type="checkbox"/> 2 justes (2) <input type="checkbox"/> 1 juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)
1	<input type="checkbox"/> juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)	<input type="checkbox"/> juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)
3	<input type="checkbox"/> juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)	<input type="checkbox"/> juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)
4 & 1	<input type="checkbox"/> 2 justes (2) <input type="checkbox"/> 1 juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)	<input type="checkbox"/> 2 justes (2) <input type="checkbox"/> 1 juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)
5	<input type="checkbox"/> juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)	<input type="checkbox"/> juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)
2	<input type="checkbox"/> juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)	<input type="checkbox"/> juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)
4	<input type="checkbox"/> juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)	<input type="checkbox"/> juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)
3 & 4	<input type="checkbox"/> 2 justes (2) <input type="checkbox"/> 1 juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)	<input type="checkbox"/> 2 justes (2) <input type="checkbox"/> 1 juste (1) <input type="checkbox"/> faux (0)
Notes brutes :	.../18	.../18

**Touche-pouce ou tapping (NEPSY) :**

Main droite :

Temps pour 32 mouvements : ...sec ou ... mouvements en 60 sec.

Syncinésies : Notes : .../4

- Homolatérales de diffusion tonique :  oui (0 point)  non (1 point)
- Controlatérales d'imitation :  oui (0 point)  non (1 point)
- Controlatérales de diffusion tonique :  oui (0 point)  non (1 point) Bucco-faciales :  oui (0 point)  non (1 point)

Main gauche :

Temps pour 32 mouvements : ...sec ou ... mouvements en 60 sec.

Syncinésies : Notes : .../4

- Homolatérales de diffusion tonique :  oui (0 point)  non (1 point)
- Controlatérales d'imitation :  oui (0 point)  non (1 point)
- Controlatérales de diffusion tonique :  oui (0 point)  non (1 point)
- Bucco-faciales :  oui (0 point)  non (1 point)

**Doigts pouce (gnosopaxies digitales) ou tapping séquentiel (NEPSY) :**

Main droite :

Temps pour 8 séquences : ... sec. ou ... séquences correctes en 90 sec.

Syncinésies : Notes : .../4

- Homolatérales de diffusion tonique :  oui (0 point)  non (1 point)
- Controlatérales d'imitation :  oui (0 point)  non (1 point)
- Controlatérales de diffusion tonique :  oui (0 point)  non (1 point)
- Bucco-faciales :  oui (0 point)  non (1 point)

Main gauche :

Temps pour 8 séquences : ... sec. ou ... séquences correctes en 90 sec.

Syncinésies : Notes : .../4

- Homolatérales de diffusion tonique :  oui (0 point)  non (1 point)
- Controlatérales d'imitation :  oui (0 point)  non (1 point)
- Controlatérales de diffusion tonique :  oui (0 point)  non (1 point)
- Bucco-faciales :  oui (0 point)  non (1 point)

**Tonus :**

Membre supérieur droit :

- Extensibilité du poignet :  normal  anticipation, persévération, participation
- Ballant du poignet :  normal  anticipation, persévération, participation
- Extensibilité de l'épaule :  normal  anticipation, persévération, participation

Membre supérieur gauche :

- Extensibilité du poignet :  normal  anticipation, persévération, participation
- Ballant du poignet :  normal  anticipation, persévération, participation
- Extensibilité de l'épaule :  normal  anticipation, persévération, participation

**Equilibre statique :**

Sur deux pieds serrés, les yeux ouverts (30 sec)  réussite  échec

Sur deux pieds serrés, les yeux fermés (30 sec)  réussite  échec

Sur le pied droit (30 sec)  réussite  échec

Sur le pied gauche (30 sec)  réussite  échec

**Rythme :**

Structures rythmiques de Mira Stambak destinées aux 8-10 ans :

Nombre d'échecs : ...

Note (2pts : réussite, 1 pt : réussite au deuxième essai, 0 pt : échec) : ...

**Epreuve d'efficience motrice latéralisé :**

Main droite : ... de bâtonnets en 30 secondes

Main gauche : ... de bâtonnets en 30 secondes



## **BHK**

Passation en groupe

Notation :

- Ecriture grande : ... points
- Inclinaison de la marge vers la droite : ... points
- Lignes non planes : ... points
- Mots serrés : ... points
- Ecriture chaotique : ... points
- Liens interrompus entre les lettres : ... points
- Télescopages : ... points
- Variation dans la hauteur des lettres troncs : ... points
- Hauteur relative incorrecte : ... points
- Distorsion des lettres : ... points
- Formes de lettres ambiguës : ... points
- Lettres retouchées : ... points
- Hésitations et tremblements : ... points
- Score total : ... points

## **Observation de l'enfant :**

Droitier       Gaucher

Posture :

Pieds posés au sol :  les 2 (2)     1 seul (1)     Aucun (0)

Jambes croisées :  non (1)       oui (0)

Position assise :  stable sur la chaise (fesses + cuisses) (1)  au bord de la chaise (fesses) (0)

Position du bassin :  dans l'axe du dos (1)       en rétroversion (0)

Adossé à la chaise :  oui (1)       non (0)

Position du dos :  dos droit (1)       dos penché sur le bureau (0)

Tête penchée vers le :  bras scripteur (0)     bras non scripteur (1)

Bras d'appui :  bras non scripteur (1)     bras scripteur (0)

Prise de l'instrument :  tripode classique       tripode pouce par-dessus  
 tripode doigts tendus     prise entre index et auriculaire  
 prise digito-palmaire     quadripode  
 autre prise : ...

Position de la main :  en dessous de la ligne     en bec de cygne  
 au niveau de la ligne     sans appui sur le support

Orientation de la feuille :  face à lui     dans l'axe de son bras     perpendiculaire à l'axe de son bras

Douleur :

## **Forme courte du Test de Bender-Santucci :**

## WISC IV

**Cubes :** Note brute :

Départ : Item 1 : 6/7 ans Item 3 : 8/16 ans Arrêt après 3 échecs consécutifs

1. Modèle – 30 s. :  Opt Echec  1pt 2<sup>ème</sup> essai  2pt 1<sup>er</sup> essai
2. Modèle – 45 s. :  Opt Echec  1pt 2<sup>ème</sup> essai  2pt 1<sup>er</sup> essai
3. Modèle et image – 45 s. :  Opt Echec  1pt 2<sup>ème</sup> essai  2pt 1<sup>er</sup> essai
4. Image – 45 s. :  Opt  4 pt
5. Image – 45 s. :  Opt  4 pt
6. Image – 75 s. :  Opt  4 pt
7. Image – 75 s. :  Opt  4 pt
8. Image – 75 s. :  Opt  4 pt
9. Image – 75 s. :  Opt  4 pt (31-75)  5 pt (21-30)  6 pt (11-20)  7 pt (1-10)
10. Image – 75 s. :  Opt  4 pt (31-75)  5 pt (21-30)  6 pt (11-20)  7 pt (1-10)
11. Image – 120 s. :  Opt  4 pt (71-120)  5 pt (51-70)  6 pt (31-50)  7 pt (1-30)
12. Image – 120 s. :  Opt  4 pt (71-120)  5 pt (51-70)  6 pt (31-50)  7 pt (1-30)
13. Image – 120 s. :  Opt  4 pt (71-120)  5 pt (51-70)  6 pt (31-50)  7 pt (1-30)
14. Image – 120 s. :  Opt  4 pt (71-120)  5 pt (51-70)  6 pt (31-50)  7 pt (1-30)

**Mémoire des chiffres :**

Arrêt après une note de 0 aux deux essais d'un même item.

Ordre direct : Note brute :

	Essai	Note Essai	Note Item
1	2 - 9	0 - 1	0 - 1 - 2
	4 - 6	0 - 1	
2	3 - 8 - 6	0 - 1	0 - 1 - 2
	6 - 1 - 2	0 - 1	
3	3 - 4 - 1 - 7	0 - 1	0 - 1 - 2
	6 - 1 - 5 - 8	0 - 1	
4	8 - 4 - 2 - 3 - 9	0 - 1	0 - 1 - 2
	5 - 2 - 1 - 8 - 6	0 - 1	
5	3 - 8 - 9 - 1 - 7 - 4	0 - 1	0 - 1 - 2
	7 - 9 - 6 - 4 - 8 - 3	0 - 1	
6	5 - 1 - 7 - 4 - 2 - 3 - 8	0 - 1	0 - 1 - 2
	9 - 8 - 5 - 2 - 1 - 6 - 3	0 - 1	
7	1 - 8 - 4 - 5 - 9 - 7 - 6 - 3	0 - 1	0 - 1 - 2
	2 - 9 - 7 - 6 - 3 - 1 - 5 - 4	0 - 1	
8	5 - 3 - 8 - 7 - 1 - 2 - 4 - 6 - 9	0 - 1	0 - 1 - 2
	4 - 2 - 6 - 9 - 1 - 7 - 8 - 3 - 5	0 - 1	

Ordre inverse :

Note brute :

	Essai	Note Essai	Note Item
Exemple	8 - 2		
	5 - 6		
1	2 - 1	0 - 1	0 - 1 - 2
	1 - 3	0 - 1	
2	3 - 5	0 - 1	0 - 1 - 2
	6 - 4	0 - 1	
3	5 - 7 - 4	0 - 1	0 - 1 - 2
	2 - 5 - 9	0 - 1	
4	7 - 2 - 9 - 6	0 - 1	0 - 1 - 2
	8 - 4 - 9 - 3	0 - 1	
5	4 - 1 - 3 - 5 - 7	0 - 1	0 - 1 - 2
	9 - 7 - 8 - 5 - 2	0 - 1	
6	1 - 6 - 5 - 2 - 9 - 8	0 - 1	0 - 1 - 2
	3 - 6 - 7 - 1 - 9 - 4	0 - 1	
7	8 - 5 - 9 - 2 - 3 - 4 - 6	0 - 1	0 - 1 - 2
	4 - 5 - 7 - 9 - 2 - 8 - 1	0 - 1	
8	6 - 9 - 1 - 7 - 3 - 2 - 5 - 8	0 - 1	0 - 1 - 2
	3 - 1 - 7 - 9 - 5 - 4 - 8 - 2	0 - 1	

### Compréhension

Note brute :

1. Les dents :  0  1  2
2. Le portefeuille :  0  1  2
3. Les légumes :  0  1  2
4. La fumée :  0  1  2
5. La ceinture :  0  1  2
6. Les bouteilles vides :  0  1  2
7. Faire de l'exercice :  0  1  2
8. Contrôles :  0  1  2
9. Fumer :  0  1  2
10. Etre à l'heure :  0  1  2
11. Policiers :  0  1  2
12. Les bibliothèques publiques :  0  1  2
13. Les timbres :  0  1  2
14. La promesse :  0  1  2
15. L'apparence :  0  1  2
16. Le chat :  0  1  2
17. L'euro :  0  1  2
18. La démocratie :  0  1  2
19. Le monopole :  0  1  2
20. L'orage :  0  1  2
21. L'évolution :  0  1  2

**Symboles**

Note brute :

**K-ABC**

**Traitement séquentiel, Mouvements de main** Note brute :

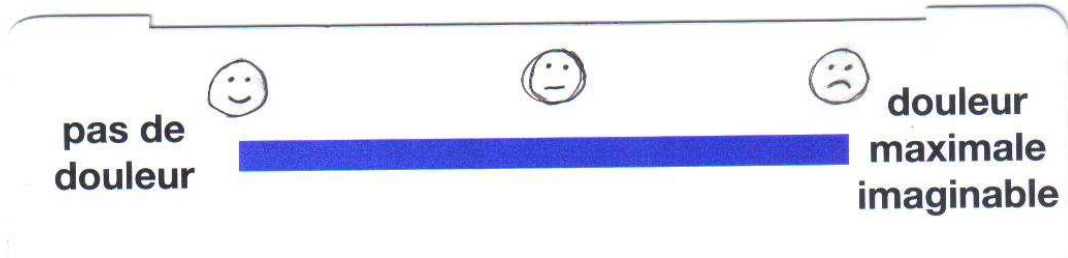
Tous les enfant doivent aller jusqu'à l'item 12 ; même si tout est échoué. S'arrêter quand tous les items d'une unité sont échoués.

	<b>item</b>	<b>Mouvements de main</b>	<b>Echec</b>	<b>Réussite</b>
Unité 1	5	M C		
	6	C P C		
	7	M C M		
	8	C M P		
Unité 2	9	C P P C		
	10	M P C		
	11	P M C		
	12	P M P M		
Unité 3	13	P C C M		
	14	C M C P		
	15	C M C M C		
Unité 4	16	P C P C M		
	17	M C P M		
	18	M P C P		
Unité 5	19	C M P C M		
	20	M C C M P P		
	21	M C M P C		

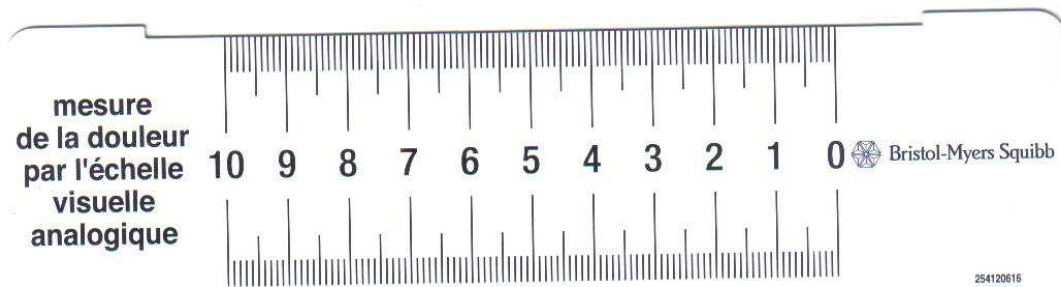
**Résultats SPP :**

- Ecole :
- Valeur propre :
- Physique :

## ANNEXE B : Echelle de douleur

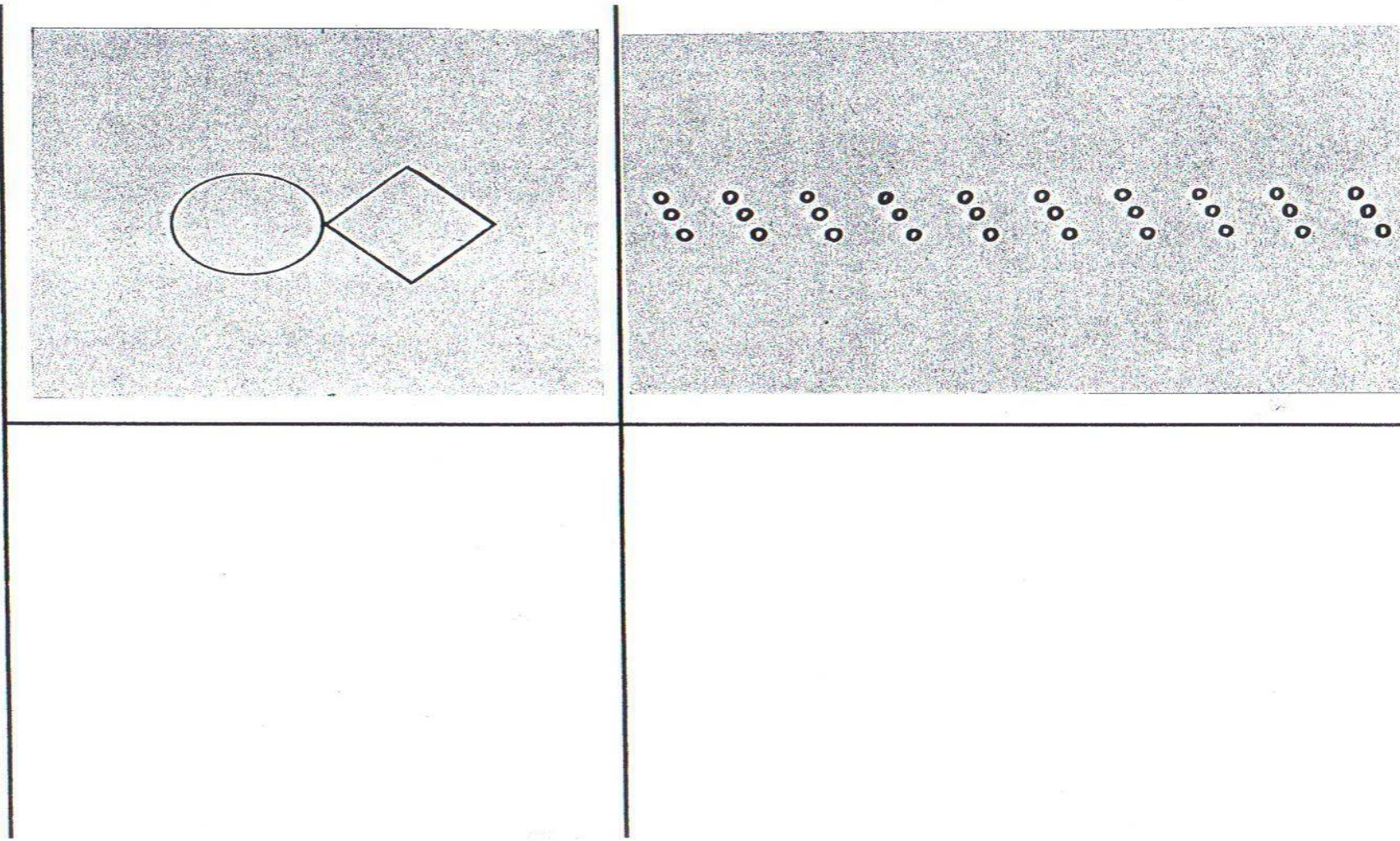


Face orientée vers l'enfant

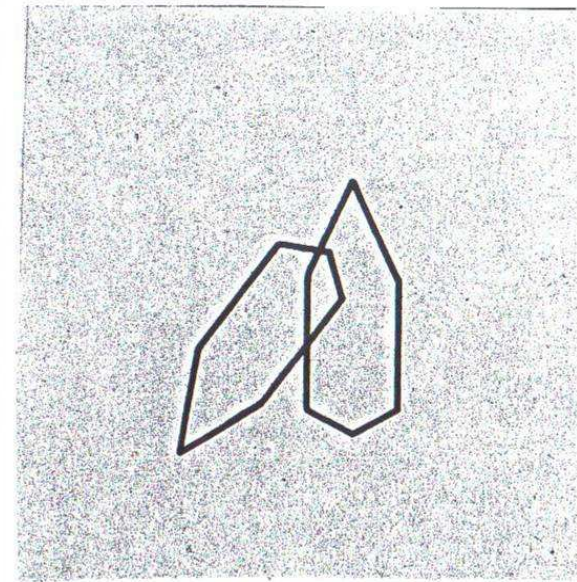
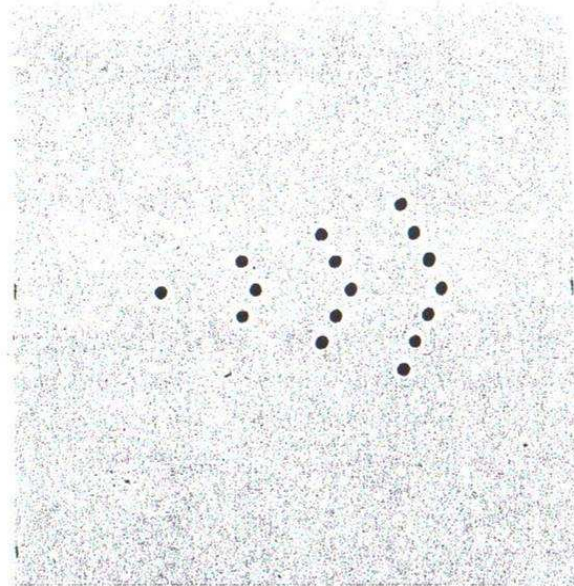
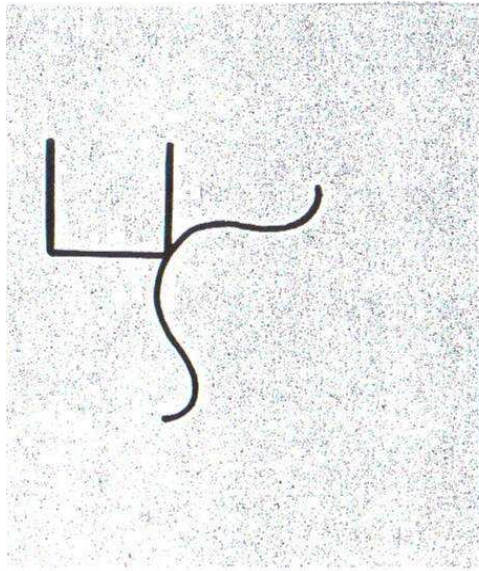


Face orientée vers l'expérimentateur

## ANNEXE C : Test de Bender-Santucci







## ANNEXE D : SPP

NUMERO :

CLASSE :

vraiment  
comme moi

à peu près  
comme moi

vraiment  
comme moi

à peu près  
comme moi

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Certains enfants ont l'impression de bien travailler à l'école	1.	<b>MAIS</b>	d'autres se demandent s'ils travaillent suffisamment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Certains enfants se sentent doués pour toutes sortes de sports	2.	<b>MAIS</b>	d'autres ne se sentent pas tellement doués pour le sport	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Il y a des enfants qui ne sont pas satisfaits de leur vie	3.	<b>MAIS</b>	d'autres enfants sont satisfaits de leur vie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Certains enfants travaillent lentement à l'école	4.	<b>MAIS</b>	d'autres font leur travail rapidement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Certains enfants voudraient bien être meilleurs en sport	5.	<b>MAIS</b>	d'autres se sentent assez bons comme ça	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



**vraiment  
près  
comme moi  
moi**

**à peu près  
comme moi**

**vraiment  
comme moi**

**à peu  
comme**

6.  
**MAIS**  
Certains enfants  
sont la plupart du  
temps contents  
d'eux-mêmes

6.

**MAIS**

d'autres  
ne sont souvent  
pas contents  
d'eux-mêmes

7.  
**MAIS**  
Des enfants  
oublent souvent  
ce qu'ils ont appris

7.

**MAIS**

d'autres enfants  
peuvent se rappeler  
facilement les choses

8.  
**MAIS**  
Certains enfants  
pensent qu'ils arriveraient  
à faire n'importe quel  
exercice de gymnastique

8.

**MAIS**

d'autres  
craignent un peu  
de ne pas réussir  
aux nouveaux exercices

9.  
**MAIS**  
Certains aiment  
bien le genre  
d'enfants qu'ils sont

9.

**MAIS**

il y a aussi des enfants  
qui aimeraient  
souvent être quelqu'un d'autre

10.  
**MAIS**  
Des enfants font  
très bien leur  
travail en classe

10.

**MAIS**

d'autres enfants  
ne font pas très bien  
leur travail en classe

**vraiment  
près**

**à peu près**

**vraiment**

**à peu**

comme moi  
moi

comme moi

comme moi

comme

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11. Certains enfants trouvent qu'ils sont meilleurs en sport que leurs copains	<b>MAIS</b>	d'autres se sentent moins bons qu'eux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12. Des enfants sont très contents d'être ce qu'ils sont	<b>MAIS</b>	d'autres voudraient bien être différents	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	13. A l'école, certains enfants ont de la peine à imaginer des réponses aux questions	<b>MAIS</b>	d'autres enfants parviennent presque toujours à imaginer des réponses	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14. Aux jeux ou aux sports, certains enfants préfèrent regarder plutôt que jouer	<b>MAIS</b>	d'autres enfants préfèrent jouer plutôt que regarder	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15. Certains enfants sont souvent mécontents de ce qu'ils font	<b>MAIS</b>	d'autres sont plutôt contents de ce qu'ils font	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## ANNEXE E : Autorisations parentales



Madame, Monsieur,

Une enquête de l'Université Nanterre-Paris 10 sur l'apprentissage de l'écriture est actuellement menée dans l'école de votre enfant. Cette étude nous permettra de mieux comprendre la manière dont les enfants apprennent à écrire. Il ne s'agit pas d'une évaluation individuelle de votre enfant, mais d'une étude anonyme menée sur plus de 200 enfants.

**Acceptez-vous que votre enfant (Nom, Prénom).....  
participe à cette étude ?**

- Oui, j'accepte que mon enfant participe à l'enquête menée sur l'écriture.**
- Non, je n'accepte pas que mon enfant participe à l'enquête menée sur l'écriture.**

Signature des parents :



UNIVERSITE PARIS OUEST NANTERRE LA DEFENSE

Nanterre, le 15 avril 2009,

Madame, Monsieur,

Des membres de l'université de Nanterre mènent une recherche sur le développement de l'écriture. L'objectif de cette recherche est d'améliorer le dépistage des troubles de l'écriture et d'améliorer leur rééducation. Nous proposons à votre enfant de participer à cette recherche en passant un bilan à la fois psychomoteur et psychologique. Ce bilan pourra, à votre demande, participer à la démarche diagnostique des troubles de votre enfant, son anonymat sera préservé dans le cadre de la recherche. Vous pourrez accéder aux résultats du bilan et en avoir une analyse par le praticien référent.

Nous joignons à ce courrier trois autorisations, la première nous permettra de faire passer les bilans à votre enfant, la deuxième de remettre les résultats au soignant référent de votre enfant et la troisième est destinée à votre enfant, qui à son tour pourra donner son avis sur sa participation.

Nous vous remercions, par avance, de l'intérêt que vous portez à notre travail,  
Cordialement,

Isabelle Sage et Marine Baron

Autorisation de participation à la recherche

Acceptez-vous que votre enfant (Nom, Prénom).....  
participe à cette étude ?

- Oui, j'accepte que mon enfant participe à la recherche menée sur l'écriture.
- Non, je n'accepte pas que mon enfant participe à la recherche menée sur l'écriture.

Autorisation d'utilisation des résultats du bilan par le soignant référent

Acceptez-vous que les résultats du bilan de votre enfant (Nom, Prénom)  
..... soient fournis au soignant référent ?

- Oui, j'accepte que les résultats du bilan soient fournis au praticien référent.
- Non, je n'accepte pas que les résultats du bilan soient fournis au soignant référent.

Signature des parents :

Autorisation de participation à la recherche de l'enfant

Moi, (Nom, Prénom).....

- Oui, accepte de participer à la recherche menée sur l'écriture.
- Non, n'accepte pas de participer à la recherche menée sur l'écriture.

Signature de l'enfant :

Cette recherche étudie les liens qu'entretient l'écriture avec des processus psychomoteurs, cognitifs et conatifs chez les enfants âgés de 8 à 12 ans. Des recherches antérieures ont montré une influence de compétences comme l'équilibre, la coordination oculo-manuelle, le déliement digital, la maturation neurologique, la régulation tonique, les gnosies digitales ou les compétences visuo-spatiales sur l'écriture. Or, ces liens ont été étudiés de façon isolée. C'est pourquoi, cette étude porte une population composée de 182 enfants tout-venant et de 24 enfants avec troubles de l'écriture et vise à évaluer l'influence de ces variables sur un test d'écriture (BHK). Une partie des processus psychomoteurs, cognitifs et conatifs mesurés (organisation perceptive graphique, gnosies digitales, coordination oculo-manuelle, rythme, équilibre, coordination/dissociation des doigts, mémoire de travail, vitesse de traitement, compréhension verbale et estime de soi) intervient de façon modérée dans le développement de la qualité de l'écriture sur cette tranche d'âge. En revanche, plus de la moitié de la variance de la vitesse d'écriture est expliquée par l'âge, la vitesse de traitement, la mémoire de travail, les praxies visuo-constructives, la coordination/dissociation des doigts, la maturation neurologique et l'estime de soi. Dans une perspective différentielle, les enfants tout-venant se répartissent en six profils de scripteurs et les enfants avec trouble en deux profils de scripteurs. Selon le profil, les processus psychomoteurs, cognitifs et conatifs mesurés interviennent différemment. La plurifactorialité du BHK est vérifiée et révèle quatre facteurs qualitatifs (formes et la constance des lettres, réalisation motrice des lettres, organisation spatiale des lettres dans le mot et organisation spatiale de l'écriture dans la feuille). Cette recherche présente des débouchés à la fois pédagogiques et cliniques. En effet, d'un point de vue scolaire, le geste d'écriture demande à être entraîné tout au long de l'enseignement à la fois par la pratique de l'écriture, mais aussi par la pratique d'autres compétences psychomotrices et cognitives. D'un point de vue clinique, les rééducateurs pourront adopter un nouveau regard sur leurs prises en charge et les adapter davantage aux troubles spécifiques des patients.

Mots-clés : écriture, psychomoteur, cognitif, conatif, enfant, différentielle

This research deals with the links between psychomotor, cognitive and conative processes and handwriting among eight- to twelve-year-olds. Previous research has shown an influence of skills such as balance, eye-hand coordination, digital dexterity, neurological maturity, tonic regulation, finger discrimination or visuo-spatial skills on handwriting. But, these links have been studied separately. That's why this study was carried out on a group of 182 normal children and 24 children with handwriting difficulties and aims to assess the influence of these variables in a handwriting test (BHK). A part of these psychomotor, cognitive and conative processes (graphic spatial organization, finger discrimination, eye-hand coordination, rhythm, balance, coordination/dissociation of fingers, working memory, processing speed, verbal comprehension and self esteem) play a moderate role in the development of quality of handwriting among eight- to twelve-year-olds. On the other hand, more than half of the variance of handwriting speed can be explained by age, processing speed, working memory, visuoconstructive praxia, coordination/dissociation of fingers, neurological maturation and self esteem. In a differential perspective, normal children can be distributed into six profiles of writers and children with difficulties into two profiles of writers. The relative importance of the psychomotor, cognitive and conative processes differs from profile to profile. BHK, which tests four factors (motor production of letters, shapes and constancy of letters, spatial organization of letters within the word, spatial organization of writing on the sheet), is confirmed. This research gives both educational and clinical prospects. Indeed, educationally, the handwriting movement requires practice handwriting and also in psychomotor and cognitive skills. In a clinical environment, it would allow occupational therapist's to see their techniques in a new light and better adapt them to the specific difficulties of their patients.

Key-Words: handwriting, psychomotor, cognitive, conative, child, differential