



HAL
open science

Outils d'évaluation de l'écriture chez l'enfant : revue de littérature

Frédéric Puyjarinet, Caroline Jolly

► To cite this version:

Frédéric Puyjarinet, Caroline Jolly. Outils d'évaluation de l'écriture chez l'enfant : revue de littérature. A.N.A.E. Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant, 2023, L'apprentissage de l'écriture et ses troubles. hal-04288923

HAL Id: hal-04288923

<https://hal.science/hal-04288923>

Submitted on 16 Nov 2023

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

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

1 Outils d'évaluation de l'écriture chez l'enfant : revue de littérature

2
3 F. Puyjarinet ¹, C. Jolly ²

4
5 ¹ Docteur en sciences du mouvement, directeur de l'Institut de Formation en Psychomotricité
6 de Montpellier, 2 Rue Ecole de Médecine, CS 59001, 34 060 Montpellier Cedex 2. Tél. :
7 06.82.26.22.50. Email : frederic.puyjarinet@umontpellier.fr

8
9 ² Docteur en biologie, chercheuse en psychologie cognitive, Laboratoire de Psychologie et
10 NeuroCognition (LPNS), CNRS UMR5105, 1251 avenue centrale, BP47, 38040 Grenoble
11 cedex

14 **RESUMÉ Outils d'évaluation de l'écriture dans des populations développementales :** 15 **revue de littérature**

16
17 L'écriture est une activité complexe impliquant de multiples compétences, et dont la maîtrise
18 nécessite plusieurs années d'apprentissage. Même à l'heure du numérique, l'écriture occupe
19 une place prépondérante dans la scolarité de l'enfant et conditionne en grande partie l'accès
20 aux connaissances, la capacité à les organiser, et à les restituer. Malgré un apprentissage et des
21 entraînements adaptés, 5 à 10 % des enfants d'âge scolaire ne parviennent pas à maîtriser
22 cette activité. Ce trouble, appelé *dysgraphie*, peut fortement impacter la réussite scolaire de
23 l'enfant s'il n'est pas diagnostiqué et pris en charge de manière précoce. Le repérage des
24 difficultés d'écriture revêt par conséquent une importance de premier plan. Les chercheurs et
25 les cliniciens disposent aujourd'hui d'outils d'évaluation variés qui ciblent deux dimensions
26 de la production écrite : le produit fini de l'écriture d'une part, et les processus qui y sont
27 engagés d'autre part. Dans cet article, nous allons présenter une revue de ces différents outils
28 disponibles actuellement ou en cours de développement. Nous discuterons ensuite de leurs
29 avantages et inconvénients, et des perspectives de développement qui y sont associées.

30
31 **Mots-clés** : écriture, dysgraphie développementale, évaluation, produit, processus

34 **SUMMARY : assessment tools of handwriting skills in children : a review**

35
36
37 Handwriting is a complex activity which involves both the mastering and coordination of
38 multiple skills and years of practice. Even in the digital era, handwriting still plays a key role
39 at school, conditioning the access, the organization and the restitution of knowledge. Despite
40 appropriate learning and training, 5 to 10 % of school-age children will never master this skill
41 to a sufficient level. This disorder, referred to as *dysgraphia*, can seriously impact children's
42 scholar achievements if not handled early. Detecting handwriting deficits is thus of great
43 importance. Nowadays, researchers and clinicians have access to a variety of assessment tools
44 which target two dimensions of handwriting: the final product of handwriting, and the
45 processes involved in the handwriting movement. In this article, we will present a review of
46 the different tools which are available or under development. We will then discuss the pros
47 and cons of these different tools, and the perspectives for the future developments.

48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74

Keywords : handwriting, developmental dysgraphia, assessment, product, process

RESUMEN : Herramientas para evaluar la escritura en poblaciones en desarrollo: una revisión bibliográfica

La escritura es una actividad compleja en la que intervienen múltiples destrezas y cuyo dominio requiere varios años de aprendizaje. Incluso en la era digital, la escritura desempeña un papel fundamental en la escolarización de un niño, y es en gran medida responsable del acceso al conocimiento, de la capacidad de organizar y recuperar los conocimientos. A pesar de un aprendizaje y una formación correcta, entre el 5 y el 10% de los niños en edad escolar no dominan esta actividad. Este trastorno, conocido como disgrafía, puede tener importantes repercusiones en el éxito académico del niño si no se diagnostica y trata a tiempo. Por lo tanto, identificar las dificultades de escritura es de suma importancia. En la actualidad, investigadores y clínicos tienen a su disposición una serie de herramientas de evaluación que se centran en dos aspectos de la producción escrita: el producto final de la escritura y los procesos implicados en ella. En este artículo se presenta una revisión de los distintos instrumentos disponibles en la actualidad o en fase de desarrollo. A continuación, analizaremos sus ventajas e inconvenientes, así como las perspectivas de desarrollo de futuras herramientas.

Palabras clave: escritura, disgrafía del desarrollo, evaluación, producto final y procesos de la escritura

75 INTRODUCTION GENERALE

76
77 L'écriture manuscrite, abordée comme une manifestation du langage par la main (*language by*
78 *hand*, Berninger *et al.*, 2002), est une forme d'expression de la pensée et un moyen de
79 communication. D'un point de vue développemental, l'écriture manuscrite prend sa source
80 dans les manifestations graphomotrices les plus précoces, avant sa maîtrise ultérieure qui
81 résulte autant de la maturation de mécanismes neurologiques, psychomoteurs, et psycho-
82 affectifs, que de longues années d'efforts et d'apprentissage (pour revue Lopez & Vaivre-
83 Douret, 2021).

84 L'écriture occupe une place prépondérante dans la scolarité des enfants puisqu'elle représente
85 aujourd'hui 30% à 60% de leurs activités, et elle conditionne en grande partie – avec
86 l'apprentissage de la lecture – l'accès aux connaissances, la capacité à les organiser, et
87 finalement à les restituer (Albaret *et al.*, 2013). Une écriture dite « fonctionnelle » est une
88 écriture alliant à la fois vitesse et qualité, c'est-à-dire lisible par tous. Une des conséquences
89 de l'apprentissage de l'écriture est son automatiser, permettant alors de libérer des
90 ressources cognitives qui pourront être utilisées pour d'autres activités (orthographe, syntaxe,
91 composition, etc.).

92

93

94 LES TROUBLES DE L'ECRITURE OU DYSGRAPHIES

95

96 Les troubles de l'écriture sont regroupés sous le terme générique de *dysgraphie* (Danna *et al.*,
97 2016). La dysgraphie est définie par une déficience de la qualité de l'écriture qui ne peut être
98 expliquée par un trouble neurologique ou intellectuel (Ajuriaguerra, 1974). Chez l'enfant, on
99 parle de dysgraphie développementale. Bien qu'il apparaisse parfois comme un trouble
100 primaire isolé (Albaret *et al.*, 2016), il n'en est aucunement fait mention dans les manuels
101 diagnostiques et statistiques des troubles mentaux. Le DSM-5 (APA, 2013) évoque seulement
102 des « difficultés dans la motricité fine nécessaire à l'écriture » dans le chapitre développement
103 et évolution des troubles des apprentissages.

104

105 La dysgraphie affecte la qualité et/ou la vitesse d'écriture. Sa prévalence est estimée entre 5 et
106 10% de la population d'enfants d'âge scolaire, et touche davantage les garçons (ratio de 3
107 garçons pour 1 fille) (Danna *et al.*, 2016). La dysgraphie est généralement secondaire à
108 d'autres troubles des apprentissages, principalement la dyslexie, le Trouble Développemental
109 de la Coordination (TDC), le Trouble Déficit d'Attention avec ou sans Hyperactivité
110 (TDA/H), ou à d'autres conditions comme le Haut Potentiel Intellectuel (HPI) (Vaivre-
111 Douret, 2004 ; Adi-Japha *et al.*, 2007 ; Brun-Henin *et al.*, 2012 ; Paz-Villagran *et al.*, 2012 ;
112 Huau *et al.*, 2017 ; Jolly, 2017 ; Cohen *et al.*, 2019 ; Barnett & Prunty, 2020 ; Di Brina *et al.*,
113 2021). Plusieurs travaux ont mis en évidence des différences dans les déficits observés dans
114 l'écriture en fonction du trouble sous-jacents, suggérant l'existence de sous-types de
115 dysgraphie (Sumner *et al.*, 2013 ; Jolly, 2017 ; Alamargot *et al.*, 2020 ; pour revue Danna *et*
116 *al.*, 2016).

117

118 Chez l'enfant porteur de dysgraphie, la difficulté d'automatisation du geste d'écriture le place
119 dans une situation de double-tâche dès lors qu'il doit produire un écrit. En effet, les ressources
120 attentionnelles doivent être réparties entre les différents niveaux mis en jeu : moteurs,

121 orthographiques, syntaxiques et composition. Les différents apprentissages scolaires étant
 122 intimement liés, la présence d'une dysgraphie peut affecter les autres apprentissages scolaires
 123 fondamentaux (Berninger *et al.*, 2017 ; Graham & Harris, 2000 ; Mayer, 2014 ; Nielsen *et al.*,
 124 2017). De plus, la lenteur d'écriture chez l'enfant présentant une dysgraphie l'empêche
 125 d'effectuer une prise de note optimale, ce qui peut impacter sa réussite scolaire (Danna *et al.*,
 126 2016). En outre, il a été montré qu'à contenu égal, les professeurs accordent de moins bonnes
 127 notes à une copie dont l'écriture est peu lisible (Markam, 1976). *In fine*, c'est donc l'estime
 128 de soi et le sentiment d'auto-efficacité qui en sortent souvent altérés, lorsque ce n'est pas plus
 129 globalement la réussite scolaire elle-même (Engel-Yeger *et al.*, 2016). Le fait d'identifier des
 130 difficultés d'écriture ou de mettre en évidence d'authentiques dysgraphies chez les enfants
 131 revêt par conséquent une importance de premier plan à une époque où le deuil du « tout
 132 numérique¹ » est en bonne voie. Pour ce faire, chercheurs et cliniciens disposent d'outils
 133 d'évaluation variés qui ciblent deux dimensions de la production écrite : le produit de
 134 l'écriture d'une part, et les processus qui y sont engagés d'autre part (Rosenblum, Weiss &
 135 Parush, 2003).

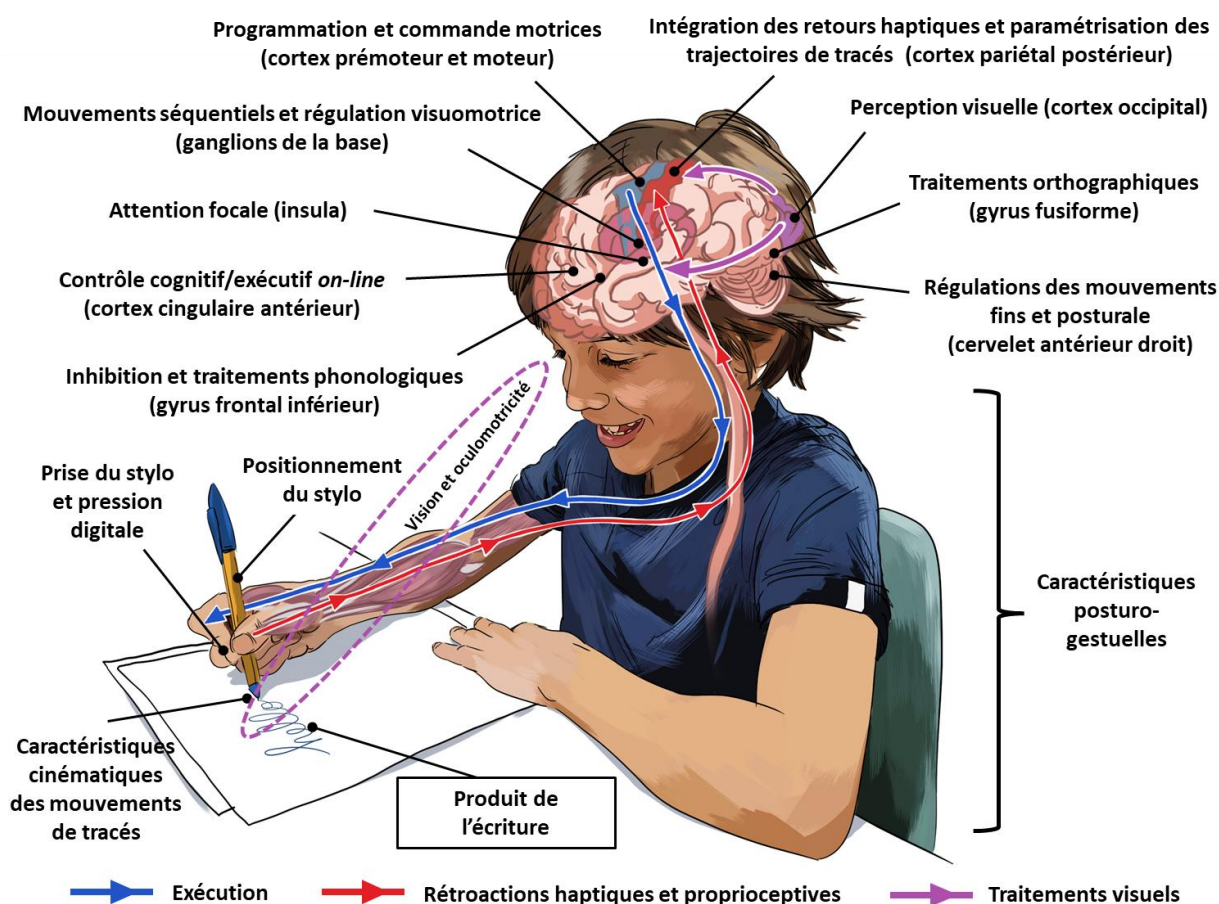
136

137 **EVALUATION DU PRODUIT ET DES PROCESSUS**

138

139 Le produit de l'écriture renvoie aux caractéristiques de la trace produite, à tous les éléments
 140 *statiques* pourrait-on dire. Leur analyse s'effectue la plupart du temps *a posteriori*, une fois la
 141 production écrite achevée. Qualité et fréquence d'inscription représentent les deux variables
 142 les plus utilisées dans ce cadre, comme le propose par exemple le test du BHK (Charles *et al.*,
 143 2003). Les processus, eux, rassemblent en complément de nombreux autres facteurs qui
 144 interviennent à différents niveaux dans l'apprentissage et la production de l'écriture (voir pour
 145 une revue Lopez & Vainre -Douret, 2021). L'analyse qui leur est dédiée est souvent
 146 dynamique dans le sens où l'on tient compte *in situ* (ou *a posteriori* si un dispositif
 147 d'enregistrement spécifique est utilisé) des variations dans le temps des variables ou des
 148 comportements associés : posture de l'enfant, prise du stylo, mouvements digitaux, pression
 149 exercée par les doigts sur l'outil, par l'outil sur le support, vitesse de déplacement et temps de
 150 contact du stylo sur le support, nombre de levers de stylo, mais aussi comportements
 151 attentionnels, ou intégration visuomotrice pour n'en citer que quelques-uns (pour une
 152 représentation plus complète, voir **Figure 1**).

¹ A ce titre, il est intéressant d'analyser avec le recul nécessaire le choix de certains pays comme la Finlande ou les Etats-Unis, qui avaient opté initialement pour un abandon de l'enseignement de l'écriture manuscrite du fait de son caractère prétendument désuet. D'aucuns prédisaient en effet que le glas de l'écriture manuscrite allait sonner au profit de l'utilisation systématique des tablettes, ordinateurs et autres smartphones. C'était sans compter sur l'apport de données qui commencent à convaincre les différentes communautés de pédagogues, de parents, ou de politiques, qu'écrire le stylo à la main induit des bénéfices indéniables tant sur le plan de la reconnaissance des lettres (et donc des mécanismes impliqués notamment dans la lecture et l'épellation) que du fonctionnement cognitif de manière plus générale : régulation attentionnelle, potentialisation de la mémoire de travail, qualité de composition d'un texte, ou maîtrise du langage. Il semble donc que si les adultes n'ont quasiment plus aucune raison d'écrire à la main, les enfants, eux, ont tout intérêt à y être entraînés de manière formelle au cours de leur scolarité (Alamargot & Morin, 2021 ; Karavanidou, 2017 ; Kiefer *et al.*, 2015 ; Longcamp *et al.*, 2008 ; Smoker *et al.*, 2009 ; Velay & Longcamp, 2012).



153
 154 **Figure 1.** Les différents processus impliqués dans la production écrite. A côté du produit de
 155 l'écriture (encadré au bas de la figure), divers processus sont engagés au niveau
 156 comportemental : posture, prise du stylo, pression exercée par les doigts sur l'outil,
 157 caractéristiques cinématiques des mouvements d'écriture (*i.e.*, fluctuation de la vitesse des
 158 tracés, pics d'accélération, de ralentissement, etc.) ou encore régulation attentionnelle. Au
 159 niveau cérébral, différentes aires et structures ont été identifiées et sous-tendent notamment la
 160 perception visuelle (cortex occipital), l'intégration des retours haptiques et la paramétrisation
 161 des trajectoires des tracés (cortex pariétal postérieur), la mobilisation des ressources
 162 attentionnelles et exécutives (*e.g.*, cortex cingulaire antérieur), le traitement orthographique et
 163 les capacités d'inhibition (gyrus fusiforme), et bien évidemment les éléments directement en
 164 lien avec l'exécution motrice et son contrôle : cortex prémoteur et moteur (commande
 165 motrice), cervelet antérieur droit (contrôle temporel, précision motrice) et ganglions de la base
 166 (mouvements séquentiels et régulation visuomotrice). Notons que le poids de chacun de ces
 167 différents processus relativement aux autres n'est pas réellement documenté, et dépend très
 168 probablement par ailleurs du stade d'apprentissage de l'écriture et du fait que celle-ci soit
 169 automatisée ou non (voir Palmis *et al.*, 2021a, et Palmis *et al.*, 2021b pour plus de détails à ce
 170 sujet ; Puyjarinet *et al.*, 2022).

171

172

173 Puisque les processus impliqués dans les productions écrites mobilisent l'attention des
 174 chercheurs de manière croissante (*e.g.*, Asselborn *et al.*, 2020 ; Drotár & Dobeš, 2020 ;

175 Guilbert, Alamargot & Morin, 2018 ; Lopez & Vaivre-Douret, 2021 ; Rosenblum & Dror,
176 2017 ; Vaivre-Douret & Lopez, 2021), et dans l'optique de prendre par ailleurs du recul sur
177 les outils d'évaluation ciblant le produit, l'objectif de cette revue de travaux non exhaustive
178 est de faire l'inventaire des outils d'évaluation de l'écriture les plus utilisés dans la littérature
179 française et internationale. Nous y intégrerons les tests des compétences graphomotrices au
180 sens large (intégration visuomotrice, dessin, praxies visuoconstructives 2D), du fait de leur
181 importance en début d'apprentissage de l'écriture (Albaret *et al.*, 2013), ainsi que les
182 questionnaires d'évaluation. Nous discuterons ensuite des avantages et limites de certains de
183 ces outils, et des perspectives d'adaptation sur des populations francophones dont ils peuvent
184 faire l'objet.

185

186

187 **OUTILS D'ÉVALUATION BASES SUR LE PRODUIT**

188

189 Les outils papier-crayon

190

191 De façon à dresser la liste des outils d'évaluation de l'écriture disponible dans la littérature
192 pour ce qui concerne le produit, les mots-clés *Handwriting, Assessment, Test, Tool, Quality,*
193 *Evaluation, Battery, Children, Students, Questionnaire* (en anglais et en français) ont été
194 intégrés seuls ou en combinaison dans deux moteurs de recherche scientifiques : *PubMed*, et
195 *Google Scholar*. En complément, une analyse bibliographique manuelle a été réalisée à partir
196 des documents identifiés initialement. Les outils présentés dans le **Tableau 1** ont été extraits
197 selon les critères suivants : disponibilité des normes ou *a minima* âges/classes visés, durée de
198 passation (si possible), sous-domaine évalué, type de tâches (*e.g.*, tâche de copie, de dictée,
199 etc.), critères/types d'évaluation (*e.g.*, évaluation systématique de la qualité, fréquence
200 d'inscription).

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219 **Tableau 1.** Liste des outils utilisés dans des populations développementales pour évaluer l'intégration visuomotrice, le dessin/les praxies visuo-constructives,
 220 et le produit de l'écriture. NA : non applicable ; NR : non renseigné.

221

Nom du test	Auteurs et année de publication	Âges / Classes	Durée de passation moyenne	Type de tâche(s)	Subtest et/ou sous-domaines évalués	Critères/types d'évaluation
INTEGRATION VISUOMOTRICE						
Beery-Buktenica VMI – Test of Visual Motor Integration, 6 th ed.	Beery & Beery (2010)	2 à 18 ans	5 mn	Tracer à l'intérieur de limites définies. Epreuve chronométrée	Coordination visuomotrice	Précision du tracé Durée d'exécution
DTVP-3 – Developmental Test of Visual Perception, 3 rd ed.	Hammil, Pearson & Voress (2013)	4 à 12 ans	3 à 6 mn	Tracer une ligne droite ou une courbe à l'intérieur de limites définies	Coordination visuomotrice	Précision du tracé
M-ABC 2 – Batterie d'Evaluation du Mouvement chez l'Enfant, 2 nd ed.	Marquet-Doléac, Soppelsa & Albaret (2016)	3 à 16 ans	20 à 40 mn	Tracer à l'intérieur de bordures	Trajet (Précision visuomotrice)	Précision du tracé
NEPSY II – Bilan Neuropsychologique de l'Enfant , 2 nd ed.	Korkman, Kirk & Kemp (2012)	3 à 12 ans	2 à 5 mn	Tracer à l'intérieur de limites définies. Epreuves chronométrées	Précision visuomotrice	Précision du tracé Durée d'exécution

Nom du test	Auteurs et année de publication	Âges / Classes	Durée de passation moyenne	Type de tâche(s)	Subtest et/ou sous-domaines évalués	Critères/types d'évaluation
Test de Perception Visuelle	Frostig (1973)	4 à 7 ans	5 mn	Tracer à l'intérieur de limites définies ou non	Coordination visuo-motrice	Précision du tracé
WRAVMA – Wide Range Assessment of Visual Motor Abilities	Adams & Sheslow (1995)	3 à 7 ans	4 à 10 mn	Tracer à l'intérieur de limites définies ou non	Visuomoteur	Précision du tracé
DESSIN ET PRAXIES VISUO-CONSTRUCTIVES						
Beery-Buktenica VMI – Test of Visual Motor Integration, 6 th ed.	Beery & Beery (2010)	2 à 18 ans	5 mn	Copie de figures	Reproduction graphique	Précision du tracé Durée d'exécution
BVRT – Benton Visual Retention Test	Benton (1953) Vallas, Benesteau & Albaret (2009)	8 à 12 ans	4 à 10 mn	Analyse visuelle des figures, puis reproduction immédiate ou différée (à 5 ou 10 secondes)	Reproduction graphique Rétention visuelle	Analyse qualitative de la production
Dessin du Bonhomme	Pasquasy (1967) Royer (2011)	5 à 13 ans	Variable	Production spontanée	Qualité	Analyse qualitative de la production
DTVP-3 – Developmental Test of Visual Perception, 3 rd ed.	Hamill, Pearson & Voress (2014)	4 à 12 ans et 11 mois	3 à 6 mn	Copies de figures	Copie	Analyse qualitative de la production
Epreuve Graphique d'Organisation Perceptive	Santucci & Pêcheux (1967)	6 à 12 ans	3 à 10 mn	Copies de figures	Reproduction graphique	Analyse quantitative de la production

Nom du test	Auteurs et année de publication	Âges / Classes	Durée de passation moyenne	Type de tâche(s)	Subtest et/ou sous-domaines évalués	Critères/types d'évaluation
	Garcet & Deltour (2002)					
Figure de Rey A	Rey (1959) Wallon & Mesmin, (2009)	6 à adultes	Variable	Copie de figure Reproduction de mémoire	Reproduction graphique Rétention visuelle	Analyse qualitative et quantitative de la production
Figure de Rey B	Rey (1959)	3 à 6 ans	Variable	Copie de figure Reproduction de mémoire	Reproduction graphique Rétention visuelle	Analyse qualitative et quantitative de la production
NEPSY II – Bilan Neuropsychologique de l'Enfant, 2 nd e ed.	Korkman, Kirk & Kemp (2012)	5 à 16 ans	3 à 10 mn	Copies de figures	Traitements visuo-spatiaux	Analyse qualitative et quantitative de la production
QNST-3 Revised – Quick Neurological Screening Test, 3 rd ed. Revised	Mutti <i>et al.</i> (2017)	5 à 80 ans	30 mn	Copie de figures	Copie	Analyse qualitative de la production et de la vitesse d'exécution
WRAVMA – Wide Range Assessment of Visual Motor Abilities	Adams & Sheslow (1995)	3 à 10 ans	4 à 10 mn	Copies de figures	Dessin	Analyse qualitative de la production

Nom du test	Auteurs et année de publication	Âges / Classes	Durée de passation moyenne	Type de tâche(s)	Subtest et/ou sous-domaines évalués	Critères/types d'évaluation
ECRITURE						
Evaluation systématique du produit						
BHK: Echelle d'évaluation rapide de l'écriture chez l'enfant	Charles, Soppelsa & Albaret (2003)	CP au CM2	5 mn	Copie	Qualité d'écriture Fréquence d'inscription	Evaluation systématique des critères de qualité Nombre de caractères écrits en 5 mn
BHK Ado: Echelle d'évaluation rapide de l'écriture chez l'adolescent	Soppelsa & Albaret (2013)	6 ^{ème} à 3 ^{ème}	5 mn	Copie	Qualité d'écriture Fréquence d'inscription	Evaluation systématique des critères de qualité Nombre de caractères écrits en 5 mn
BVSCO-3 – Test for the Evaluation of Writing and Orthographic Ability, 3 rd ed.	Cornoldi, Ferrara & Re (2022)	6 à 14 ans	Variable	Dictée Copie Production spontanée	Copie Tâche de vitesse d'écriture Tâche de dictée	Nombre de mots écrits en 5 mn Nombre de caractères écrits en 1 mn % d'erreurs
CHES – Children's Handwriting	Phelps, Stempel	Grade 3 à 8 (CE2)	2 mn	Copie	Qualité	Evaluation

Nom du test	Auteurs et année de publication	Âges / Classes	Durée de passation moyenne	Type de tâche(s)	Subtest et/ou sous-domaines évalués	Critères/types d'évaluation
Evaluation Scale	& Speck (1987)	à 4 ^{ème}			Fluence	systematique des critères de qualité
CHES-M – Children's Handwriting Evaluation Scale - Manuscript Writing	Phelps & Stempel (1988)	Grade 1 à 2 (CP au CE1)	2 mn	Copie	Qualité Fluidité	Evaluation systematique des critères de qualité Nombre de lettres écrites par minute
Copie de Phrase <i>Le petit cheval gambade</i>	Auzias <i>et al.</i> (1977)	Grande section de maternelle au CP	Variable	Copie	Qualité	Evaluation qualitative
DASH – Detailed Assessment of Speed of Handwriting	Barnett <i>et al.</i> (2009)	9 à 16 ans	14 mn	Productions spontanées Copie	Fréquence d'inscription	Nombre de mots correctement écrits en fonction de la durée des tâches (2 mn, 1 mn)
DRHP – Diagnosis and Remediation of Handwriting Problems	Scott, Moyes & Henderson (1985)	Grade 3 et au-delà (CE2 minimum)	Variable	Production spontanée à partir de présentations d'images	Production guidée à partir d'images	Evaluation systematique des critères de qualité
Echelle ADE	Gavazzi-Eloy	CP au CM2	Variable	Copie (CP-CE1)	Qualité	Evaluation

Nom du test	Auteurs et année de publication	Âges / Classes	Durée de passation moyenne	Type de tâche(s)	Subtest et/ou sous-domaines évalués	Critères/types d'évaluation
	(2014)			Dictée (CE2 au CM2)		systematique des critères de qualité
Echelles E et D	Ajuriaguerra <i>et al.</i> (1964)	6 à 11 ans (échelle E) 8 à 14 ans (échelle D)	Variable	Copie (échelle E) Dictée (échelle D)	Qualité	Evaluation systematique des critères de qualité
ETCH-M – Evaluation Tool of Children's Handwriting - Manuscript	Amundson (1995)	Grade 1 à 2 (CP au CE1)	15 à 20 mn	Productions de mémoire Copie Dictée Productions spontanées	Qualité Fréquence d'inscription	Evaluation systematique des critères de qualité Nombre de lettres écrites par minute
EVEDP – Evaluation de la Vitesse d'écriture – Dictée Progressive	Pouhet (2015)	CE1 au CM2	Variable	Dictée	Fréquence d'inscription à vitesse normale ou maximale	Nombre de caractères ou de mots écrits par minute Durée de production
HLS – Handwriting Legibility Scale	Barnett <i>et al.</i> (2018)	9 à 14 ans	10 mn	Production spontanée	Qualité	Evaluation systematique des

Nom du test	Auteurs et année de publication	Âges / Classes	Durée de passation moyenne	Type de tâche(s)	Subtest et/ou sous-domaines évalués	Critères/types d'évaluation
						critères de qualité
MMHAP – Mac Master Handwriting Assessment Protocol	Pollock <i>et al.</i> (2009)	Maternelle à 6 ^{ème}	Variable	Copie Production de mémoire Dictée Production spontanée	Qualité Observations cliniques	Évaluation qualitative Fréquence d'inscription
MHA – Minnesota Handwriting Assessment	Reisman (1993, 1999)	Grade 1 à 2 (CP au CE1)	2 mn ½	Copie	Qualité Fréquence d'inscription	Évaluation systématique des critères de qualité Nombre de lettres écrites en 2 mn ½
QNST-3 Revised – Quick Neurological Screening Test, 3 rd ed. Revised	Mutti <i>et al.</i> (2017)	5 à 80 ans	30 mn	Copie	Qualité	Évaluation systématique des critères de qualité
SCRIPT– Scale of Children's Readiness in PrinTing	Weil & Cunningham-Amundson (1994)	NR	3 à 8 mn	Copie	Qualité	Évaluation systématique des critères de qualité
Test de copie de phrase <i>Je respire</i>	Ajuriaguerra	CP au CM2	2 mn	Production en copie à vitesse	Fréquence d'inscription à	Fréquence

Nom du test	Auteurs et année de publication	Âges / Classes	Durée de passation moyenne	Type de tâche(s)	Subtest et/ou sous-domaines évalués	Critères/types d'évaluation
<i>le doux parfum des fleurs</i>	(1964)			normale Production en copie à vitesse maximale	vitesse normale ou maximale Capacité d'accélération	d'inscription
Test des Lenteurs d'écriture	Marquet-Guillois <i>et al.</i> (1981) Alexandre (2008)	CE1 au CM2 6 ^{ème} , 4 ^{ème} , Seconde	5 mn	Production répétée de mot Copie Dictée	Fréquence d'inscription Automatisation	Fréquence d'inscription
TOLH – Test Of Legible Handwriting	Larsen & Hammill (1989)	Grade 2 à 12 (CE1 à Terminale)	Variable	Productions spontanées Rédaction en milieu scolaire	Qualité	Evaluation systématique des critères de qualité
Questionnaires						
Handwriting Checklist	Alston (1981)	NR	NA	Questionnaire	Qualité Observations cliniques	Qualité
HPSQ – Handwriting Proficiency Screening Questionnaire	Rosenblum (2008)	7 à 14 ans (CE1 à 4 ^{ème})	NA	Questionnaire	Qualité	Qualité
Questionnaire pour enfant	Santamaria & Albaret (1996)	Primaire	2 à 3 mn	Auto-questionnaire	Questions générales sur l'écriture, la socialisation,	Appréciation qualitative des

Nom du test	Auteurs et année de publication	Âges / Classes	Durée de passation moyenne	Type de tâche(s)	Subtest et/ou sous- domaines évalués	Critères/types d'évaluation
					la scolarité Auto-évaluation de la qualité Questions sur les phénomènes gênants pendant la production	éléments précités

223

224 De nombreux outils « papier-crayon » sont utilisés pour analyser la précision visuomotrice,
 225 les productions de dessins et celles associées à la trace de l'écriture manuscrite. Le spectre des
 226 populations ciblées est large, puisque plusieurs outils d'évaluation de la précision
 227 visuomotrice et du dessin peuvent être utilisés dès l'âge 2-3 ans (*e.g.*, Beery-Buktenica VMI),
 228 alors que d'autres s'étendent jusqu'à l'âge adulte (*e.g.*, Figure de Rey), y compris à des âges
 229 avancés (jusqu'à 80 ans pour QNST-3 Revised). Les outils portant spécifiquement sur
 230 l'intégration visuomotrice et le dessin seront pertinents principalement pour les plus jeunes
 231 enfants avant ou au début de l'apprentissage de l'écriture, car ils sont connus pour être
 232 corrélés à la qualité de l'écriture (Marr *et al.*, 2001). Néanmoins, il convient de souligner que
 233 cette relation diminue avec l'âge, avant de disparaître (Karlsdottir & Stefanson, 2002). Tous
 234 les tests ciblant la précision visuomotrice, les praxies visuoconstructives 2D et le dessin
 235 portent sur la qualité des productions, mais de très rares (*e.g.*, NEPSY II, Korkman, Kirk &
 236 Kemp, 2012) proposent en complément une évaluation de la trace à vitesse maximale. Or,
 237 cette dernière dimension paraît importante dans la mesure où elle peut renseigner sur le
 238 rendement graphomoteur de l'enfant en dehors de sa zone de confort, et peut contribuer
 239 éventuellement à mettre au jour un déficit qualitatif directement imputable à un manque de
 240 contrôle visuomoteur sous pression temporelle.

241 Pour l'analyse du produit de l'écriture à proprement parler, le MMHAP (*Mac Master*
 242 *Handwriting Assessment Protocol*) permet une évaluation dès l'école maternelle, bien que
 243 l'analyse ne porte ici que la lisibilité globale des productions écrites et non à partir de critères
 244 précis. L'échelle SCRIPT (*Scale of Children's Readiness in PrinTing*) paraît plus intéressante
 245 pour tester objectivement les qualités de production de lettres chez les enfants d'âge
 246 préscolaire.

247 En considérant l'ensemble des outils d'évaluation graphomotrice au sens large, les conditions
 248 dans lesquelles l'enfant est sollicité sont elles aussi très diverses en fonction des outils
 249 utilisés. Les modalités de production peuvent ainsi porter sur :

250 - de la copie de dessin ou de texte : BHK (Charles *et al.*, 2003) et BHK Ado (Soppelsa &
 251 Albaret, 2013), DTVP-3 (Hamill *et al.*, 2014), QNST-3 R (Mutti *et al.*, 2017), WRVMA
 252 (Adams & Sheslow, 1995), BHK (Charles *et al.*, 2003)

253 - de la production de mémoire : Figures de Rey (Wallon & Mesmin, 2009)

254 - de la production écrite sous dictée : ETCH-M (Amundson, 1995), MMHAP (Pollock *et al.*,
 255 2009)

256 - de la production spontanée à partir d'observation d'images : DRHP (Scott *et al.*, 1985)

257 - de la production spontanée : DASH (Barnett *et al.*, 2009), Dessin du bonhomme (Royer,
 258 2011), HLS (Barnette *et al.*, 2018), TOLH (Larsen & Hammill, 1989)

259 Rares sont les tests d'écriture qui intègrent au moins trois de ces conditions, ce qui réduit la
260 possibilité d'évaluer finement à l'aide d'un seul outil les différentes caractéristiques des
261 productions qui peuvent varier en fonction des contextes. Font exception le BVSCO-3
262 (Cornoldi, *et al.*, 2022), l'ETCH-M (Amundson, 1995), et le MMHAP (Pollock *et al.*, 2009),
263 qui se focalisent à la fois sur les productions en condition de copie, sous dictée et spontanées,
264 en y intégrant en supplément des productions de mémoire pour les deux derniers tests cités.
265 Certains questionnaires constituent des outils particulièrement pertinents en complément des
266 évaluations réalisées à partir des tests, puisqu'ils viennent fournir des informations sur la
267 façon dont l'enseignant ou l'enfant lui-même évaluent la qualité de l'écriture (*e.g.*, HPSQ,
268 Rosenblum, 2008 ; Questionnaire pour enfant, Santamaria & Albaret, 1996). Ces
269 informations, parfois contradictoires avec les données issues des tests, sont malgré tout à
270 prendre en compte, notamment dans la perspective d'une prise en charge qui se doit d'intégrer
271 les éléments associés au sentiment d'efficacité personnelle.

272 Au niveau des critères qui font l'objet des analyses, l'immense majorité des outils cible la
273 qualité des productions, mais quelques-uns portent – aussi – plus spécifiquement sur la
274 fréquence d'inscription. Ainsi, le nombre de lettres produites sur un laps de temps donné fera
275 l'objet d'une analyse dans le BHK (Charles *et al.*, 2003), le BHK Ado (Soppelsa & Albaret,
276 2013), le DASH (Barnett *et al.*, 2009), l'EVEDP (Pouhet, 2015), ou encore le MMHAP
277 (Pollock *et al.*, 2009). L'intérêt sera d'appréhender la composante qui pourrait éventuellement
278 poser le plus de difficulté à l'enfant, à moins que ce ne soit les deux (qualité et/ou fréquence
279 d'inscription). Précisons que le DASH semble le plus complet en ce qui concerne l'évaluation
280 de la fréquence d'écriture, puisqu'il intègre différentes conditions : copie de phrase avec
281 contrainte de qualité, copie de phrase avec contrainte de vitesse, copie de lettres, et production
282 spontanée.

283 La rareté des outils disponibles en France appelle forcément l'adaptation de certains tests
284 utilisés à l'international de façon à croiser les analyses issues de différentes conditions : copie,
285 dictée, production spontanée. La sélection suivante concerne donc les épreuves étalonnées qui
286 présentent des propriétés psychométriques jugées satisfaisantes, pour lesquelles nous
287 retiendrons celles qui sont très régulièrement utilisées tant dans le domaine de la recherche
288 que celui de la clinique (**Tableau 2**). Nous laissons volontairement de côté dans ce tableau les
289 tests dont l'étalonnage est trop ancien, ainsi que les outils qui n'ont fait l'objet que de très
290 rares publications francophones, voire aucune, et/ou ceux dont les procédures de validation
291 sont très critiquables donc particulièrement douteuses (*e.g.*, Echelle ADE, Gavazzi-Eloy,
292 2013).

293

294

295

296 **Tableau 2.** Propriétés psychométriques des outils d'évaluation les plus utilisés aux niveaux
 297 national et international. NR : non renseigné.

Nom du test et auteurs	Effectif	Pays d'étalonnage pour les normes disponibles	Fidélité inter-correcteurs	Fidélité test-retest	Consistance interne
BHK: Echelle d'évaluation rapide de l'écriture chez l'enfant (Charles <i>et al.</i> , 2003)	837	France	.68 à .90	NR	NR
BHK Ado: Echelle d'évaluation rapide de l'écriture chez l'adolescent (Soppelsa & Albaret, 2013)	471	France	Accord de 66 % si tolérance d'1 point de différence appliquée ; 24 % pour un score strictement identique entre les 2 correcteurs	NR	NR
DASH – Detailed Assessment of Speed of Handwriting (Barnett <i>et al.</i> , 2009)	1163	Pays Bas	.94	.65 à .81	.88 à .94
CHES-M – Children's Handwriting Evaluation Scale - Manuscript Writing (Phelps & Stempel, 1988)	643	USA	.85 à .93	NR	NR
TOLH – Test Of Legible Handwriting Larsen & Hammill, 1989)	1723	USA	.95	.90	.86
MHA – Minnesota Handwriting Assessment (Reisman, 1993, 1999)	NR	USA	.99	.58 à .94	NR
HPSQ – Handwriting Proficiency Screening Questionnaire (Rosenblum, 2008)	230	Israël	.92	.84	.90

298

299

300 Les outils informatisés

301 Quelques outils informatisés d'analyse du produit fini d'écriture ont également été développés
 302 pour l'évaluation des traces écrites, soit dans un but d'aide à l'apprentissage, soit dans un but
 303 diagnostique (Alani, 2017 ; Dash *et al.*, 2018 ; Dimauro *et al.*, 2020 ; Bin Durayhim *et al.*,
 304 2023 ; Isa *et al.*, 2019 ; Mudhsh & Aldmofer, 2017 ; Skunda *et al.*, 2022). Ces outils ont été
 305 développés dans différentes langues à partir de banques d'images (lettres, chiffres ou mots)
 306 desquelles des paramètres pertinents sont extraits puis analysés par des approches de *machine*
 307 *learning*. Les outils développés pour des utilisations dans le cadre de l'apprentissage de
 308 l'écriture sont particulièrement intéressants, avec un taux de reconnaissance de l'écriture
 309 autour de 99% (Alani, 2017 ; Mudhsh & Almodfer, 2017 ; Dash *et al.*, 2018 ; Bin Durayhim
 310 *et al.*, 2023). Ils peuvent être intégrés dans des applications sur ordinateur ou tablette, et
 311 permettre ainsi à l'enfant d'améliorer son apprentissage par l'entraînement. En revanche, les
 312 quelques outils à visée diagnostique basés sur l'analyse d'images qui ont été développés à ce
 313 jour s'avèrent moins performants, avec des performances de classification allant de 73% à
 314 79,7% (Isa *et al.*, 2019 ; Skunda *et al.*, 2022). Seule exception : une version informatisée du
 315 BHK en italien, qui analyse les 13 critères tels que décrits dans le manuel (Di Brina &
 316 Rossini, 2011) à partir de scans des textes produits par les enfants (Dimauro *et al.*, 2020). Cet
 317 outil très prometteur est capable d'identifier les enfants porteurs de dysgraphie à 83%.
 318 Cependant, il n'est pas encore disponible pour un usage clinique.

319

320 **LES OUTILS D'EVALUATION BASES SUR LES PROCESSUS D'ECRITURE**

321

322 Les évaluations *off-line* ne permettent pas d'apporter des informations sur la dynamique sous-
 323 jacente qui a permis de produire le mouvement. L'écriture est pourtant un processus
 324 dynamique dont le résultat final est la trace écrite statique. Depuis plusieurs années, le
 325 développement des tablettes graphiques permet de recueillir des traces écrites à une fréquence
 326 élevée. Le principe est simple : la tablette enregistre la position du stylo en *x*, *y* et *z* (jusqu'à 1
 327 cm au-dessus de la tablette) à intervalles réguliers (toutes les 5 à 10 millisecondes), ainsi que
 328 la pression exercée par le stylo et l'angle entre celui-ci et la tablette. A partir de ces données
 329 spatio-temporelles, il est alors possible, à l'aide de logiciels dédiés, de mesurer avec une
 330 grande précision non seulement des aspects statiques (forme, taille, position), mais également
 331 des aspects cinématiques de l'écriture, qui sont enregistrés *on-line*, pendant la production de
 332 l'écriture (vitesse, accélération, durées de production, dysfluence, pauses, distances, angles,
 333 pression, etc.). Ces différents paramètres sont ensuite analysés essentiellement par des
 334 approches en *machine learning* permettant de classifier les données en groupes (classifieurs).

335

336 Au cours des dernières décennies, un nombre croissant de travaux s'est intéressé au
 337 développement d'outils d'évaluation de la qualité d'écriture et/ou d'aide au diagnostic de la
 338 dysgraphie basés sur l'utilisation de tablettes graphiques. La plupart des travaux publiés à ce
 339 jour sont des études à visée diagnostique.

340

341

342

343
344
345 Les différents outils existants se distinguent d'une part par le matériel de départ pour l'analyse
346 (écriture ou dessin), par la taille des banques de données, et par les approches d'analyse
347 utilisées. Parmi les études publiées, quatre utilisent comme matériel de départ des dessins ou
348 des tâches graphomotrices (Devillaine *et al.*, 2021 ; Dui *et al.*, 2022 ; Galaz *et al.*, 2020 ;
349 Mekyska *et al.*, 2019). Les autres études se basent sur de l'écriture seule ou une combinaison
350 de tâches de dessin et d'écriture. Il est intéressant de noter que plusieurs études utilisent
351 comme matériel de base des tests utilisés en clinique tels que le BHK (Asselborn *et al.*, 2018,
352 2020 ; Deschamps *et al.*, 2021), le BVSCO2 (Dui *et al.*, 2021) ou le Minnesota Handwriting
353 Assessment (MHA ; Falk *et al.* 2011 ; Herstic *et al.*, 2022). Les banques de données utilisées
354 varient entre 35 et 580 participants, et concernent des enfants entre 5 et 15 ans. Concernant les
355 approches, quelques études utilisent des méthodes statistiques de comparaison pour mettre en
356 évidence des paramètres discriminants entre groupes (Rosenblum *et al.*, 2006 ; Falk *et al.*,
357 2011 ; Zvoncak *et al.*, 2019b ; Asselborn *et al.*, 2020 ; Dui *et al.*, 2021 ; Galaz *et al.*, 2020 ;
358 Herstic *et al.*, 2022). Les autres études utilisent différents algorithmes de *machine learning*
359 (Asselborn *et al.*, 2018 ; Dancovicova *et al.*, 2019 ; Deschamps *et al.*, 2021 ; Drotar & Dobes,
360 2020 ; Kedar *et al.*, 2021 ; Kunhoth *et al.*, 2023 ; Mekyska *et al.*, 2016 ; Rosenblum & Dror,
361 2017 ; Sihwi *et al.*, 2019 ; Zvoncak *et al.*, 2019a) pour classifier les groupes d'enfants. Les
362 approches utilisées sont dites « d'apprentissage supervisé » car l'algorithme est entraîné à
363 reconnaître des groupes déjà identifiés. La plupart des études ont visé la classification des
364 enfants en 2 groupes : typiques ou porteurs de dysgraphie, mais une étude a plutôt cherché à
365 classer les enfants en 4 groupes : typiques, avec dysgraphie légère, avec dysgraphie moyenne,
366 ou avec dysgraphie sévère (Sihwi *et al.* 2019). Ce type d'approche est intéressant car il
367 considère la dysgraphie comme un continuum de possibilités, ce qui est probablement plus
368 proche de la réalité clinique qu'une classification dichotomique.

369
370 Les outils qui obtiennent les meilleures performances sont ceux basés sur l'analyse d'écriture.
371 On peut citer notamment ceux proposés par Asselborn *et al.* (2018) et Mekyska *et al.* (2016),
372 qui arrivent à discriminer les enfants porteurs de dysgraphie à 96,6% et 96% respectivement.
373 Parmi les paramètres les plus caractéristiques de l'écriture dysgraphique, on retrouve
374 généralement une taille d'écriture grande, de nombreuses variations de vitesse, des vitesses
375 moyennes plus faibles, des temps en l'air et/ou en pause sur le papier plus grands, et des
376 variations d'angle du stylo. Il est cependant important de noter que le choix des participants
377 inclus dans l'étude est essentiel. En effet, des sous-groupes de dysgraphie de sévérité
378 différente ont été mis en évidence (Gargot *et al.*, 2020). Il est donc important pour le
379 développement d'outils informatiques de ne pas inclure uniquement des enfants présentant
380 des dysgraphies sévères (Deschamps *et al.* 2019).

381
382 Les approches basées sur l'analyse de dessins se révèlent également être prometteuses, malgré
383 des performances un peu moindres que celles utilisant des tâches d'écriture (Devillaine *et al.*,
384 2021 ; Dui *et al.*, 2022 ; Galaz *et al.*, 2020). On peut citer cependant l'algorithme développé
385 par Mekyska *et al.* (2019), qui obtient un taux de classification correcte des enfants présentant
386 une dysgraphie de 90%. Le fait qu'une dysgraphie puisse être repérée uniquement à partir de
387 dessins est particulièrement intéressant. En effet, cela montre que la dysgraphie peut être
388 indépendante de processus de haut niveau, notamment des processus linguistiques. L'intérêt
389 de développer des outils diagnostiques basés sur des tâches de dessins est double : ils

390 permettraient de s'affranchir de la barrière de la langue et donc de proposer un test
391 « universel », et ils permettraient de cibler des enfants plus jeunes, et donc potentiellement de
392 dépister des enfants « à risque » de manière plus précoce.

393

394

395 CONCLUSIONS

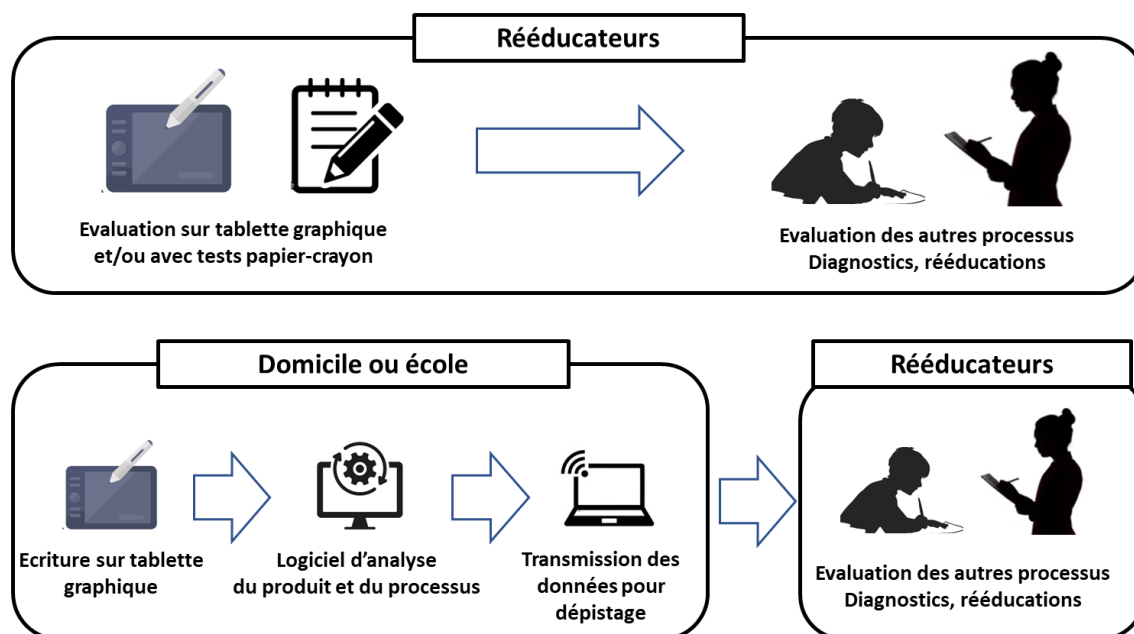
396

397 A l'heure où l'intelligence artificielle et l'informatique s'invitent de plus en plus dans les
398 progrès de la médecine et notamment sur le plan diagnostique, il ne fait aucun doute que des
399 outils fiables et performants d'aide au diagnostic des troubles de l'écriture seront développés
400 dans le futur. Bien que ces outils particulièrement prometteurs ne soient pas encore
401 disponibles pour le clinicien, certains sont actuellement en phase de test et pourraient l'être
402 prochainement. Afin d'augmenter l'efficacité de ces outils, un certain nombre d'éléments
403 pourront être pris en compte. Ainsi, la combinaison de différents tests pourra être plus
404 intéressante, notamment des tests utilisant des tâches de copie d'écriture, des tests analysant
405 l'écriture spontanée et d'autres des tâches graphomotrices. En effet, des enfants porteurs de
406 dyslexie par exemple seront plus gênés par des tâches de copie que des enfants porteurs d'un
407 TDC, ce qui peut biaiser les résultats. En outre, la validation de ce type d'outils nécessitera la
408 constitution de larges bases de données d'écriture et de dessins, auprès de populations
409 d'enfants parfaitement bien caractérisés sur le plan clinique. Ainsi, les enfants considérés
410 comme normotypiques devront être caractérisés comme tels du point de vue de l'écriture.
411 Concernant les enfants porteurs de dysgraphie, la sévérité du trouble devra être prise en
412 compte. Certaines études ont par exemple proposé une classification des enfants tout-venant
413 non pas dichotomique, mais en quatre groupes : typiques, dysgraphie légère, dysgraphie
414 moyenne, dysgraphie sévère (Sihwi *et al.* 2019). D'autre part, il serait particulièrement
415 intéressant de pouvoir prendre en compte dans l'évaluation le trouble primaire à la
416 dysgraphie. En effet, comme nous l'avons vu précédemment, les déficits observés dans
417 l'écriture peuvent varier en fonction du trouble sous-jacent. Enfin, un certain nombre d'outils
418 présentés ici se base uniquement sur une analyse des paramètres cinématiques. Or, la prise en
419 compte des aspects qualitatifs de l'écriture (la lisibilité notamment) est importante car parfois
420 la cinématique d'écriture seule peut être insuffisante pour distinguer les enfants présentant
421 une dysgraphie des enfants typiques. De plus, d'autres processus mis en jeu dans l'activité
422 d'écriture, notamment les aspects visuomoteurs, font actuellement l'objet de recherches et
423 pourront éventuellement être intégrés dans de futurs outils diagnostiques.

424 Par ailleurs, la complémentarité entre outils informatisés et tests papier-crayon est
425 prometteuse si l'on considère que les premiers pourront être utilisés directement par les
426 cliniciens en plus des seconds, ou bien à grande échelle dans le cadre d'un dépistage des
427 difficultés d'écriture. En effet, la démocratisation des tablettes graphiques couplée à la
428 rapidité d'analyse des productions écrites par les logiciels informatisés dédiés autoriseront un
429 recueil des productions écrites au domicile de l'enfant ou au sein de son établissement
430 scolaire, avant une éventuelle transmission des données à un professionnel. Le cas échéant, ce
431 dernier pourrait prendre le relais en administrant en supplément des outils d'évaluation
432 papier-crayon afin d'évaluer les autres processus engagés dans l'écriture, analyser les critères
433 pertinents, et préciser finalement le diagnostic qui débouchera sur la construction d'un projet
434 de soin individualisé (**Figure 2**).

435

436



437

438 **Figure 2.** Exemples de perspectives d'utilisation complémentaire entre outils d'évaluation
 439 informatisés de l'écriture et tests papier-crayon, dans des optiques de dépistage, de diagnostic
 440 et de rééducation.

441

442

443 A terme, l'objectif de ces outils informatisés n'est bien évidemment pas de remplacer les tests
 444 existants et l'expertise des cliniciens, mais plutôt de compléter et faciliter leur diagnostic par
 445 des outils fiables permettant d'analyser les processus mis en jeu dans les déficits observés.
 446 Outre l'intérêt pour le diagnostic, ces outils s'avèreront également intéressants car
 447 l'identification des paramètres cinématiques ou statiques qui sont déficitaires chez un enfant
 448 permettra de fournir au clinicien des pistes de prises en charge individualisées, démarche qui
 449 s'avère de plus en plus indispensable face à la très grande hétérogénéité des mécanismes
 450 concourant à un trouble de l'écriture.

451

452

453

454

455 REFERENCES

456

457

458 Adams, W., & Sheslow, D. (1995). *Wide range assessment of visual motor ability*
 459 (*WRAVMA*). Wilmington, DE: Wide Range.

460 Adi-Japha, E., Landau, Y. E., Frenkel, L., Teicher, M., Gross-Tsur, V., & Shalev, R. S.
 461 (2007). ADHD and dysgraphia: underlying mechanisms. *Cortex*, 43(6), 700-709.
 462 [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(08\)70499-4](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70499-4)

463 Ajuriaguerra, J. de (1974). *Manuel de psychiatrie de l'enfant*, 2^{ème} ed. Paris : Masson.

- 464 Ajuriaguerra, J.de, Auzias, M., Coumes, F., Denner, A., Lavondes-Monod, V., Perron, R., &
 465 Stambak, M. (1964). *L'évolution de l'écriture et ses difficultés*. Neuchâtel: Delachaux et
 466 Niestlé.
- 467 Alamargot, D., & Morin, M.-F. (2021). Relations entre habiletés graphomotrices et
 468 performances orthographiques : bilan des travaux et illustration chez des élèves français
 469 de 4^{ème} année de primaire. *A.N.A.E.*, 170, 35-44.
- 470 Alamargot, D., Morin, M.-F., & Simard-Dupuis, E. (2020). Handwriting delay in dyslexia:
 471 children at the end of primary school still make numerous short pauses when producing
 472 letters. *Journal of Learning Disabilities*, 53, 163-175.
 473 <https://doi.org/10.1177/0022219420903705>
- 474 Alani A.A. (2017). Arabic handwritten digit recognition based on restricted Boltzmann
 475 machine and convolutional neural networks. *Information*, 8, 142.
 476 <https://doi:10.3390/info8040142>
- 477 Albaret, J. M., Kaiser, M. L., & Soppelsa, R. (2013). *Troubles de l'écriture chez l'enfant : des*
 478 *modèles à l'intervention*. Bruxelles : De Boeck/Solal.
- 479 Alston, D.J. (1981). *Handwriting checklist*. London : Learning Development Aids.
- 480 American Psychiatric Association (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental*
 481 *disorders (DSM-5®)*. Washington, DC: American Psychiatric Pub.
- 482 Amundson, S.J. (1995). *Evaluation Tool of Children's Handwriting*. Homer, AK : OT KIDS.
- 483 Aouraghe, I., Alae, A., Ghizlane, K., Aboulem, G., & Faouzi, B. (2020). A novel approach
 484 combining temporal and spectral features of Arabic online handwriting for Parkinson's
 485 disease prediction. *Journal of Neuroscience Methods*, 339, 108727.
 486 <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2020.108727>
- 487
- 488 American Psychiatric Association (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders:*
 489 *DSM-5*. Washington, D.C. : Author.
- 490
- 491 Asselborn, T., Chapatte, M., & Dillenbourg, P. (2020). Extending the spectrum of dysgraphia:
 492 A data driven strategy to estimate handwriting quality. *Scientific Reports*, 10:3140.
- 493 Asselborn, T., Gargot, T., Kidziński, Ł., Johal, W., Cohen, D., Jolly, C., & Dillenbourg, P.
 494 (2018). Automated Human-Level Diagnosis of Dysgraphia Using a Consumer Tablet.
 495 *Npj Digital Medicine*, 1, 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60011-8>
- 496 Auzias M., Casati I., Cellier C., Delaye R., Verleure F. (1977). *Ecrire à 5 ans ?* Paris : PUF.
- 497 Badarna, M., Shimshoni, I., Luria, G., & Rosenblum, S. (2018). The importance of pen
 498 motion pattern groups for semi-automatic classification of handwriting into mental
 499 workload classes. *Cognitive Computation*, 10, 215-227. [https://doi.org/10.1007/s12559-](https://doi.org/10.1007/s12559-017-9520-2)
 500 [017-9520-2](https://doi.org/10.1007/s12559-017-9520-2)
- 501 Barnett, A. L., Prunty, M., & Rosenblum, S. (2018). Development of the Handwriting
 502 Legibility Scale (HLS): A preliminary examination of Reliability and Validity. *Research*
 503 *in Developmental Disabilities*, 72, 240-247.

- 504 Barnett, A., Henderson, S., Scheib, B., & Schulz, J. (2009). Development and standardization
505 of a new handwriting speed test: The Detailed Assessment of Speed of
506 Handwriting. *Teaching and Learning Writing, 1*, 137-157.
- 507 Barnett, A.L., & Prunty, M. (2020). Handwriting Difficulties in Developmental Coordination
508 Disorder (DCD). *Current Developmental Disorders Reports, 8*, 1-9.
509 <https://doi.org/10.1007/s40474-020-00216-8>
- 510 Beery, K.E., & Beery, N.A. (2010). *The Beery-Buktenica Developmental Test of Visual-*
511 *Motor Integration* (6th ed.). Bloomington, MN : Pearson.
- 512 Benton, A.L. (1965). *Test de rétention visuelle* (2e éd). Paris : Editions du Centre de
513 Psychologie Appliquée.
- 514 Berninger, V. W., Abbott, R. D., Abbott, S. P., Graham, S., & Richards, T. (2002). Writing
515 and reading: Connections between language by hand and language by eye. *Journal of*
516 *Learning Disabilities, 35*(1), 39-56.
- 517 Berninger, V., Abbott, R., Cook, C. R., & Nagy, W. (2017). Relationships of attention and
518 executive functions to oral language, reading, and writing skills and systems in middle
519 childhood and early adolescence. *Journal of Learning Disabilities, 50*(4), 434-449.
520 doi.org/10.1177/0022219415617167
- 521 Bin Durayhim, A., Al-Ajlan, A., Al-Turaiki, I., & Altwaijry, N. (2023). Towards Accurate
522 Children's Arabic Handwriting Recognition via Deep Learning. *Applied Sciences, 13*(3),
523 1692. <https://doi.org/10.3390/app13031692>
- 524 Brun-Hénin, F., Velay, J.-L., Beecham, Y., & Cariou, S. (2012). Troubles d'écriture et
525 dyslexie: revue théorique, aspects cliniques et approche expérimentale. *Développements,*
526 *13/4*, 4-28. <https://doi.org/10.3917/devel.013.0004>
- 527 Charles, M., Soppelsa, R., & Albaret, J.-M. (2003). *BHK – Echelle d'évaluation rapide de*
528 *l'écriture chez l'enfant*. Paris : Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
- 529 Cohen, R., Cohen-Kroitoru, B., Halevy, A., Aharoni, S., Aizenberg, I., & Shuper, A. (2019).
530 Handwriting in children with Attention Deficient Hyperactive Disorder: role of
531 graphology. *BMC pediatrics, 19*(1), 1-6. <https://doi.org/10.1186/s12887-019-1854-3>
- 532 Cornoldi, C., Ferrara, R., & Re, A. M. (2022). BVSCO-3 Batteria per la Valutazione clinica
533 della Scrittura e della Competenza Ortografica-3 [BVSCO-3, Battery for the assessment
534 of writing and spelling accuracy]. Giunti Psychometrics.
- 535 Dankovičová, Z., Hurtuk, J., & Fecifak, P. (2019, September). Evaluation of Digitalized
536 Handwriting for Dysgraphia Detection Using Random Forest Classification Method.
537 In *2019 IEEE 17th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics*
538 *(SISY)* (pp. 000149-000154). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SISY47553.2019.9111567>
- 539 Danna, J., Velay, J.-L., & Albaret, J.-M. (2016). Dysgraphies. In Pinto, S., & Sato, M., (Eds),
540 *Traité de Neuroloinguistique*, (pp 337-346). Bruxelles : De Boeck.
- 541 Dash, K. S., Puhan, N. B., & Panda, G. (2018). Unconstrained handwritten digit recognition
542 using perceptual shape primitives. *Pattern Analysis and Applications, 21*, 413-436.
543 <https://doi.org/10.1007/s10044-016-0586-3>

- 544 Deschamps, L., Devillaine, L., Gaffet, C., Lambert, R., Aloui, S., Boutet, J., Brault, V., Labyt,
545 E., & Jolly, C. (2021). Development of a pre-diagnosis tool based on *machine learning*
546 Algorithms on the BHK test to improve the diagnosis of dysgraphia. *Advances in Artificial*
547 *Intelligence and Machine learning*, 1(2), 109-128.
548 <https://doi.org/10.54364/AAIML/2021.1108>
- 549 Deschamps, L., Gaffet, C., Aloui, S., Boutet, J., Brault, V., & Labyt, E. (2019).
550 Methodological issues in the creation of a diagnosis tool for dysgraphia. *NPJ digital*
551 *Medicine*, 2(1), 36. <https://doi.org/10.1038/s41746-019-0114-0>
- 552 Devillaine, L., Lambert, R., Boutet, J., Aloui, S., Brault, V., Jolly, C., & Labyt, E. (2021).
553 Analysis of Graphomotor Tests with *Machine learning* Algorithms for an Early and
554 Universal Pre-Diagnosis of Dysgraphia. *Sensors*, 21(21), 7026.
555 <https://doi.org/10.3390/s21217026>
- 556 Di Brina, C., Caravale, B., & Mirante, N. (2021). Handwriting in Children with
557 Developmental Coordination Disorder: Is Legibility the Only Indicator of a Poor
558 Performance? *Occupational Therapy In Health Care*, 36(4), 353-367.
559 <https://doi.org/10.1080/07380577.2021.1986873>
- 560 Dimauro, G., Bevilacqua, V., Colizzi, L., & Di Pierro, D. (2020). TestGraphia, a software
561 system for the early diagnosis of dysgraphia. *IEEE Access*, 8, 1-12.
562 <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2968367>
- 563 Drotár, P., & Dobeš, M. (2020). Dysgraphia detection through machine learning. *Scientific*
564 *reports*, 10:21541.
- 565 Dui, L. G., Calogero, E., Malavolti, M., Termine, C., Matteucci, M., & Ferrante, S. (2021,
566 July). Digital tools for handwriting proficiency evaluation in children. In *2021 IEEE*
567 *EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI)* (pp. 1-4).
568 IEEE. <https://doi.org/1109/BHI50953.2021.9508539>
- 569 Dui, L. G., Lomurno, E., Lunardini, F., Termine, C., Campi, A., Matteucci, M., & Ferrante, S.
570 (2022). Identification and characterization of learning weakness from drawing analysis at
571 the pre-literacy stage. *Scientific Reports*, 12(1), 21624. [https://doi.org/10.1038/s41598-](https://doi.org/10.1038/s41598-022-26038-9)
572 [022-26038-9](https://doi.org/10.1038/s41598-022-26038-9)
- 573 Engel-Yeger, B., Nagauker-Yanuv, L., & Rosenblum, S. (2009). Handwriting performance,
574 selfreports, and perceived self-efficacy among children with dysgraphia. *American*
575 *Journal of Occupational Therapy*, 63(2), 182–192. doi.org/10.5014/ajot.63.2.182
- 576 Falk, T. H., Tam, C., Schellnus, H., & Chau, T. (2011). On the development of a computer-
577 based handwriting assessment tool to objectively quantify handwriting proficiency in
578 children. *Computer methods and programs in biomedicine*, 104(3), e102-e111.
579 <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2010.12.010>
- 580 Frostig, M. (1973). *Test de développement de la perception visuelle*. Paris : Editions du
581 Centre de Psychologie Appliquée.
- 582 Galaz, Z., Mucha, J., Zvoncak, V., Mekyska, J., Smekal, Z., Safarova, K., ... & Faundez-
583 Zanutny, M. (2020). Advanced parametrization of graphomotor difficulties in school-aged
584 children. *IEEE Access*, 8, 112883-112897. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3003214>

- 585 Gargot, T., Asselborn, T., Pellerin, H., Zammouri, I., Anzalone, S.M., Casteran, L., Johal, W.,
586 Dillenbourg, P., Cohen, D., & Jolly, C. (2020). Acquisition of handwriting in children with
587 and without dysgraphia: A computational approach, *PLOS ONE*, *15*(9), e0237575.
588 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237575>
- 589 Gavazzi-Eloy, A. (2014). Évaluation des difficultés d'apprentissage de l'écriture chez
590 l'enfant. Échelle ADE. Bruxelles: De Boeck/Solal.
- 591 Graham, S., & Harris, K. R. (2000). The role of self-regulation and transcription skills in
592 writing and writing development. *Educational Psychologist*, *35*(1), 3–12.
593 doi.org/10.1207/S15326985EP3501_2
- 594 Graham, S., Fishman, E. J., Reid, R., & Hebert, M. (2016). Writing characteristics of students
595 with attention deficit hyperactive disorder: A meta-analysis. *Learning Disabilities*
596 *Research & Practice*, *31*(2), 75–89. <https://doi.org/10.1111/ldrp.12099>
- 597 Guilbert, J., Alamargot, D., & Morin, M. F. (2019). Handwriting on a tablet screen: Role of
598 visual and proprioceptive feedback in the control of movement by children and
599 adults. *Human Movement Science*, *65*, 30-41.
- 600 Hammil, D., Pearson, N., & Vores, J (2013). *Developmental test of visual perception* (3rd ed.).
601 Austin, TX: Pro-Ed.
- 602 Hamstra-Bletz, E., de Bie, J., & den Brinker, B.P.L.M. (1987). *Beknopte*
603 *beoordelingsmethode voor kinderhandschriften/ Concise evaluation scale for children's*
604 *handwriting*. Lisse: Swets & Zeitlinger.
- 605 Herstic, A. Y., Bansil, S., Plotkin, M., Zabel, T.A., & Mostofsky, S.H. (2022). Validity of an
606 automated handwriting assessment in occupational therapy settings. *Journal of*
607 *Occupational Therapy, Schools, & Early Intervention*, *16*, 28-38.
608 <https://doi.org/10.1080/19411243.2022.2156426>
- 609 Huau, A., Jover, M. & Roussey, J. (2017). Difficultés associées et scolarisation des enfants
610 dyslexiques. *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*, *77*, 169-
611 181. <https://doi.org/10.3917/nras.077.0169>
- 612 Isa, I. S., Rahimi, W. N. S., Ramlan, S. A., & Sulaiman, S. N. (2019). Automated detection of
613 dyslexia symptom based on handwriting image for primary school children. *Procedia*
614 *Computer Science*, *163*, 440-449. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.12.127>
- 615 Jolly, C. (2017). Dyspraxie et troubles de l'écriture. *Approche neuropsychologique des*
616 *apprentissages chez l'enfant*, *29*(VI), 681.
- 617 Karlsdottir, R., & Stefansson, T. (2002). Problems in developing functional handwriting.
618 *Perceptual and Motor Skills*, *94*(2), 623-662.
- 619 Karavanidou, E. (2017). Is handwriting relevant in the digital era? *Antistasis*, *7*(1), 153-167.
- 620 Kedar, S. V. (2021). Identifying Learning Disability Through Digital Handwriting
621 Analysis. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*
622 *(TURCOMAT)*, *12*(1S), 46-56. <https://doi.org/10.17762/turcomat.v12i1S.1557>
- 623 Kiefer, M., Schuler, S., Mayer, C., Trumpp, N. M., Hille, K., & Sachse, S. (2015).
624 Handwriting or typewriting? The influence of pen-or keyboard-based writing training on

- 625 reading and writing performance in preschool children. *Advances in Cognitive*
626 *Psychology*, 11(4), 136.
- 627 Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. (2012). *NEPSY II – Bilan neuropsychologique de*
628 *l'enfant*. Paris : Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
- 629 Kunthoth, J., Al Maadeed, S., Saleh, M., & Akbari, Y. (2023). Exploration and analysis of On-
630 Surface and In-Air handwriting attributes to improve dysgraphia disorder diagnosis in
631 children based on *machine learning* methods. *Biomedical Signal Processing and*
632 *Control*, 83, 104715. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2023.104715>
- 633 Larsen, S., & Hammill, D. (1989). *Test of Legible Handwriting*. Austin, TX : PRO-ED.
- 634 Longcamp, M., Boucard, C., Gilhodes, J. C., Anton, J. L., Roth, M., Nazarian, B., & Velay, J.
635 L. (2008). Learning through hand-or typewriting influences visual recognition of new
636 graphic shapes: Behavioral and functional imaging evidence. *Journal of Cognitive*
637 *Neuroscience*, 20(5), 802-815.
- 638 Lopez, C., & Vaivre-Douret, L. (2021). Les grandes fonctions cérébrales en jeu dans le
639 développement graphomoteur typique et pathologique de l'écriture manuscrite. *Revue*
640 *de Neuropsychologie*, 13(4), 255-277. <https://doi.org/10.1684/nrp.2021.0695>
- 641 Markham, L. R. (1976). Influences of handwriting quality on teacher evaluation of written
642 work. *American Educational Research Journal*, 13(4), 277-283.
643 <https://doi.org/10.3102/00028312013004277>
- 644 Marquet-Doléac, J., Soppelsa, R., & Albaret, J.-M. (2016). *Batterie d'évaluation du*
645 *mouvement chez l'enfant MABC-2*. Paris : Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
- 646 Marquet-Guillois M., Lespargot A., Truscelli D. (1981). Les lenteurs d'écriture. *Motricité*
647 *Cérébrale*, 2, 69-75.
- 648 Marr, D., Windsor, M. M., & Cermak, S. (2001). Handwriting readiness: Locatives and
649 visuomotor skills in the kindergarten year. Mayer, R. (2014). *The Cambridge handbook*
650 *of multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge : University Press.
- 651 McHale, K., & Cermak, S. A. (1992). Fine motor activities in elementary school: Preliminary
652 findings and provisional implications for children with fine motor problems. *American*
653 *Journal of Occupational Therapy*, 46(10), 898-903.
654 <https://doi.org/10.5014/ajot.46.10.898>
- 655 Mekyska, J., Faundez-Zanuy, M., Mzourek, Z., Galaz, Z., Smekal, Z., & Rosenblum, S.
656 (2016). Identification and rating of developmental dysgraphia by handwriting
657 analysis. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 47(2), 235-248.
658 <https://doi.org/10.1109/THMS.2016.2586605>
- 659 Mekyska, J., Galaz, Z., Safarova, K., Zvoncak, V., Mucha, J., Smekal, Z., ... & Faundez-
660 Zanuy, M. (2019, October). Computerised assessment of graphomotor difficulties in a
661 cohort of school-aged children. In *2019 11th International Congress on Ultra Modern*
662 *Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT)* (pp. 1-6). IEEE.
663 <https://doi.org/10.1109/ICUMT48472.2019.8970767>
- 664 Mudsh, M., & Almodfer, R. (2017). Arabic handwritten alphanumeric character recognition
665 using very deep neural network. *Information*, 8(3), 105.
666 <https://doi.org/10.3390/info8030105>

- 667 Mutti, M., Martin, N., Sterling, H., & Spalding, N. (2017). *QNST-3R: Quick Neurological*
668 *Screening Test (3rd ed.)*. Academic Therapy Publications.
- 669 Nielsen, S. K., Kelsch, K., & Miller, K. (2017). Occupational therapy interventions for
670 children with attention deficit hyperactivity disorder: A systematic review. *Occupational*
671 *Therapy in Mental Health*, 33(1), 70–80. doi.org/10.1080/0164212X.2016.1211060
- 672 Palmis, S., Fabiani, E., Danna, J., Habib, M., Velay, J.-L., & Longcamp, M. (2021b).
673 Corrélatés cérébraux de l'écriture manuscrite chez l'adulte et l'enfant. *A.N.A.E.*, 170, 45-
674 51.
- 675 Palmis, S., Velay, J.-L., Habib, M., Anton, J.-L., Nazarian, B., Sein, J., Longcamp, M.
676 (2021a). The handwriting brain in middle childhood. *Developmental Science*, 24(2),
677 e13046. doi.org/10.1111/desc.13046
- 678 Pasquasy, R. (1967). *Le test du dessin d'un bonhomme de F. Goodenough, manuel*
679 *d'interprétation*. Bruxelles : Editest.
- 680 Paz-Villagrán, V., Gilhodes, J. C., & Velay, J. L. (2012). Les enfants dysgraphiques sont-ils
681 réellement plus lents que les autres? *Développements*, 4, 38-44.
682 <https://doi.org/10.3917/devel.013.0038>
- 683 Phelps, J., & Stempel, L. (1985). The Children's Handwriting Scale : a new diagnostic tool.
684 *Journal of Education Research*, 79, 46-50.
- 685 Phelps, J., & Stempel, L. (1987). *Children's Handwriting Evaluation Scale for Manuscript*
686 *Writing*. Dallas, TX : Texas Scottish Rite Hospital for Crippled Children.
- 687 Phelps, J., & Stempel, L. (1988). The Children's Handwriting Evaluation Scale for
688 manuscript writing. *Reading Improvement*, 25(4), 247-254.
- 689 Pollock, N., Lockhart, J., Blowes, B., Semple, K., Webster, M., Farhat, L. *et al.* (2009). *The*
690 *McMAster Handwriting Assessment Protocol – 2nd ed.* Hamilton : McMaster University,
691 CanChild Centre for Childhood Disability Research.
- 692 Pouhet, A. (2015). L'évaluation de la vitesse d'écriture manuelle à l'aide d'une dictée de
693 niveau progressif : l'EVEDP. *A.N.A.E.*, 136-137, 354-363.
- 694 Puiyjarinet, F., Madramany, P., Autexier, A., Madieu, EM, Nesensohn, J., & Biotteau, M.
695 (2022). Psychomotor intervention to improve handwriting skills in children with ADHD:
696 A single-case experimental design with direct inter-subject and systematic replications.
697 *Neuropsychological Rehabilitation*, 25, 6-33.
- 698 Reisman, J.E. (1993). Development and reliability of the research version of the Minnesota
699 Handwriting Test. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 13(2), 41-55.
- 700 Reisman, J.E. (1999). *Minnesota Handwriting Assessment*. San Antonio, TX : Harcourt
701 Assessment.
- 702 Rey A. (1959). *Manuel du test de copie d'une figure complexe*. Paris : Editions du Centre de
703 Psychologie Appliquée.
- 704 Rosenblum, S. (2008). Development, reliability, and validity of the Handwriting Proficiency
705 Screening Questionnaire (HPSQ). *The American Journal of Occupational*
706 *Therapy*, 62(3), 298-307.

- 707 Rosenblum, S., & Dror, G. (2017). Identifying developmental dysgraphia characteristics
 708 utilizing handwriting classification methods. *IEEE Transactions on Human-Machine*
 709 *Systems*, 47(2), 293-298. <https://doi.org/10.1109/THMS.2016.2628799>
- 710 Rosenblum, S., Dvorkin, A.Y., & Weiss, P.L. (2006). Automatic segmentation as a tool for
 711 examining the handwriting process of children with dysgraphic and proficient
 712 handwriting. *Human Movement Science*, 25, 608-621. [https://](https://doi:10.1016/j.humov.2006.07.005)
 713 doi:10.1016/j.humov.2006.07.005
- 714 Rosenblum, S., Weiss, P. L., & Parush, S. (2003). Product and process evaluation of
 715 handwriting difficulties. *Educational Psychology Review*, 15, 41-81.
- 716 Royer J. (1977). *La personnalité de l'enfant au travers le dessin du bonhomme*. Bruxelles :
 717 Editest.
- 718 Santamaria, M., & Albaret, J.-M. (1996). Troubles graphomoteurs chez les enfants
 719 d'intelligence supérieure. *Evolutions Psychomotrices*, 33(8), 113-120.
- 720 Santucci, H., & Pêcheux, M.G. (1967). Epreuve d'organisation grapho-perceptive. Manuel
 721 pour l'examen psychologique de l'enfant. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- 722 Scott, D.H., Moyes, F.A., & Henderson, S.E. (1985). *Diagnosis and remediation of*
 723 *handwriting problems*. Fairwater, Wales : DRAKE Educational Associates.
- 724 Sihwi, S.W., Fikri, K. & Aziz, A. (2019). Dysgraphia identification from handwriting with
 725 Support Vector Machine method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1201.
 726 <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1201/1/012050>Skunda et al 2022
- 727 Skunda, J., Nerusil, B., & Polec, J. (2022). Method for Dysgraphia Disorder Detection using
 728 Convolutional Neural Network. *30th Intl Conf in Central Europe on Comput Graphics,*
 729 *Visual and Comput Vision*.
- 730 Smoker, T. J., Murphy, C. E., & Rockwell, A. K. (2009). Comparing memory for handwriting
 731 versus typing. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual*
 732 *Meeting*, 53(22), 1744-174. Los Angeles, CA: SAGE Publications.
- 733 Soppelsa, R. & Albaret, J.-M. (2013). BHK Ado. Paris : Editions du Centre de Psychologie
 734 Appliquée.
- 735 Sumner, E., Connelly, V., & Barnett, A.L. (2013). Children with dyslexia are slow writers
 736 because they pause more often and not because they are slow at handwriting execution.
 737 *Reading and Writing*, 26(6), 991-1008. <https://doi.org/10.1007/s11145-012-9403-6>
- 738 Vaivre-Douret, L. & Lopez, C. (2021). Organisation développementale du geste
 739 graphomoteur chez l'enfant scolarisé en primaire : caractéristiques gestuelles et spatio-
 740 temporelles/cinématiques. *A.N.A.E.*, 170, 19-33.
- 741 Vaivre-Douret, L. (2004). Les caractéristiques développementales d'un échantillon d'enfants
 742 tout venant à hautes potentialités (surdoués): Suivi prophylactique. *Neuropsychiatrie de*
 743 *l'Enfance et de l'Adolescence*, 52(3), 129-
 744 141. <https://doi.org/10.1016/j.neurenf.2004.01.006>
- 745 Vallas, E., Albaret, J.-M., & Bénesteau, J. (2009). Test de rétention visuelle de Benton :
 746 étalonnage français auprès d'enfants âgés de 8 à 11 ans. *Développements*, 3, 27-33.

- 747 Velay, J. L., & Longcamp, M. (2012). Clavier ou stylo: comment apprendre à écrire? *Cerveau*
748 & *Psycho (11)*, 30-35.
- 749 Wallon, P., Mesmin, C., & Rey, A. (2009). *Test de la figure complexe de Rey, A et B*. Paris :
750 Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
- 751 Weil, M. J., & Cunningham Amundson, S. J. (1994). Relationship between visuomotor and
752 handwriting skills of children in kindergarten. *The American Journal of Occupational*
753 *Therapy*, 48(11), 982-988.
- 754 Zvoncak, V., Mekyska, J., Safarova, K., Smekal, Z., & Brezany, P. (2019a). New approach of
755 dysgraphic handwriting analysis based on the tunable Q-factor wavelet transform. *42nd*
756 *International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and*
757 *Microelectronics (MIPRO)*, p289-294.
- 758 Zvoncak, V., Mucha, J. Galaz, Z., Mekyska, J., Safarova, K., & Faundez-Zanuy, M. (2019b).
759 Fractional order derivatives evaluation in computerized assessment of handwriting
760 difficulties in school-aged children. *11th International Congress on Ultra Modern*
761 *Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT)*, p1-6.