ÉVALUATION

SYNTHÈSE D'ARTICLE

Actualités Scientifiques en Psychomotricité, Portail d'Informations et de Connaissances

ASPPIC

1 REFERENCE DE L'ARTICLE

Titre complet de l'article :

Quantitative analysis of handwriting kinematics in primary and lower secondary school children through a sensorized ink pen: A cross-sectional population-based study

Auteurs :
Simone Toffoli, Linda Greta Dui, Stefania Fontolan, Francesca Lunardini, Milad Malavolti, Chiara Piazzalunga, Alice Donati, Cesare Cornoldi, Cristiano Termine, Simona Ferrante (Politecnico di Milano, Università degli Studi dell'Insubria, Università di Padova, IRCCS Istituto Neurologico Carlo Besta, Italie, Hospital los Madroños, Espagne)

Revue :
PLOS Digital Health

Année de publication :	Volume (n°) :	Pages :
2026	5 (7)	e0001503

DOI / Lien :
https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0001503

Mots-clés (3 à 6) :
Écriture manuscrite – Dysgraphie – Cinématique – Stylo connecté – Développement – Repérage

MESSAGE ESSENTIEL

Un stylo connecté qui écrit sur du papier ordinaire fournit des mesures du geste d'écriture liées aux scores cliniques de vitesse, qui suivent les courbes d'apprentissage connues et permettent de distinguer, en cursive, les élèves à risque de difficultés d'écriture.

2 CONTEXTE & JUSTIFICATION

Des difficultés d'écriture persistantes, appelées **dysgraphie** en l'absence de trouble neurologique ou intellectuel, rendent l'écriture lente ou peu lisible. Elles pèsent sur la scolarité, la motivation et l'estime de soi.

Les tests habituels jugent surtout le **produit** : nombre de lettres écrites en un temps donné, aspect de la trace. Ils prennent du temps, l'accord entre évaluateurs est parfois faible, et ils renseignent peu sur la façon dont le geste est produit. Les estimations de la fréquence des difficultés vont de 5 % à plus de 30 %.

Les tablettes graphiques permettent d'analyser le **processus** d'écriture (pauses, pression, fluidité), mais modifient les conditions habituelles. En Italie, les recommandations cliniques de 2021 encouragent l'ajout d'outils numériques à l'évaluation classique.

3 OBJECTIFS / QUESTIONS DE RECHERCHE

Avec un **stylo à encre sensorisé (SIP)**, les auteurs visaient à :

- vérifier que ses indicateurs sont liés au score clinique de vitesse d'écriture
- décrire leur évolution d'une classe à l'autre
- tester leur capacité à distinguer les élèves à risque de difficultés d'écriture

4 METHODE

Devis : étude transversale en population scolaire.

Participants : 707 élèves de six écoles du nord de l'Italie, de la 1re à la 8e année de scolarité (primaire et premier cycle du secondaire, soit l'équivalent du CP à la 4e en France), âgés en moyenne de 6,6 à 13,6 ans. Les élèves ayant un diagnostic pouvant affecter l'écriture étaient exclus.

Outil : un stylo à encre de taille un peu supérieure à la normale, muni d'une centrale inertielle (accéléromètre, gyroscope, magnétomètre) et d'un capteur de force, enregistrant à 50 Hz. Il écrit sur papier et ne modifie pas l'activité habituelle.

Tâches : deux épreuves de vitesse de la BVSCO-3 (Batteria per la Valutazione clinica della Scrittura e della Competenza Ortografica), référence en Italie. Pendant une minute, écrire le plus vite possible le mot « UNO » en boucle, puis la suite des nombres en lettres (« UNO DUE TRE… »), en script puis en cursive.

Mesures : 178 indicateurs répartis en cinq domaines : temps (dont le temps passé en l'air entre deux tracés), force, fluidité, inclinaison du stylo et fréquence des oscillations du mouvement.

Analyses :

• corrélations entre indicateurs et nombre de lettres correctement écrites

• comparaisons entre classes

• modèles d'apprentissage automatique pour distinguer les élèves à risque (score Z ≤ −1,5 à la BVSCO-3) des autres

5 RESULTATS PRINCIPAUX

Lien avec le score clinique : des corrélations significatives, modérées à fortes, ont été trouvées pour les domaines du temps, de la force, de la fluidité et des oscillations du mouvement :

• le **temps moyen en l'air** diminue fortement chez les élèves qui écrivent le plus vite

• une **pression plus régulière** et des **mouvements plus fluides** vont de pair avec une meilleure vitesse

• l'inclinaison du stylo n'est pas liée à la vitesse

• les indicateurs de fréquence montrent des liens faibles, et de sens contraire à ce qui était attendu

Évolution entre classes : le domaine du temps suit le plus nettement une courbe d'apprentissage. Pour beaucoup d'indicateurs, les performances atteignent un **plateau dès la 3e année (équivalent du CE2)**. La vitesse continue toutefois de progresser jusqu'au collège.

Repérage des élèves à risque :

• en **cursive**, les meilleurs modèles classent correctement 82 à 84 % des élèves (hors 1re année, équivalent du CP)

• en **script**, les résultats sont moins bons, car les élèves à risque ne représentent que 8 à 12 % de l'échantillon

Les élèves à risque produisent moins de tracés, passent plus de temps en l'air, modulent moins leur pression et la font varier de façon plus irrégulière.

6 INTERPRETATION / DISCUSSION

Pour les auteurs, les bons scripteurs gagnent en vitesse surtout en **réduisant les pauses entre les tracés**, plutôt qu'en traçant plus vite. Le temps en l'air reflète le temps nécessaire pour planifier le mouvement. Sa baisse traduirait l'optimisation progressive de cette planification.

Même si la BVSCO-3 ne note que la vitesse, ses épreuves mobilisent donc plusieurs composantes : planification automatisée, fluidité et contrôle de la pression. Les difficultés d'écriture apparaissent elles aussi **multifactorielles**.

Le plateau de la 3e année (CE2) correspond, selon eux, à la stabilisation d'un geste plus automatique, et non à un arrêt du développement.

Les écarts avec la littérature sur les fréquences s'expliqueraient par des différences de mesure : fréquence d'enregistrement plus basse que celle des tablettes et absence de trajectoire du tracé.

Les scores en cursive étaient en moyenne inférieurs à −1 à tous les niveaux, ce que les auteurs relient à l'enseignement plus tardif de la cursive. Les modèles ont donc vu peu d'élèves performants.

7 LIMITES DE L'ETUDE

Les auteurs mentionnent les limites suivantes :

- recrutement dans une seule région du nord de l'Italie
- déséquilibre entre élèves à risque et non à risque, qui fragilise les modèles
- exclusion des élèves de 1re année (CP) des modèles en cursive
- taille du stylo plus grande que celle d'un stylo habituel
- absence d'enregistrement de la trace : pas d'analyse de la forme des lettres ni de l'organisation spatiale
- devis transversal, qui ne décrit pas l'évolution individuelle : le stylo ne peut pas encore être considéré comme un outil de dépistage
- regroupement des élèves par classe ou par école non pris en compte dans les analyses

8 IMPLICATIONS POUR LA PRATIQUE

Les auteurs en tirent plusieurs implications :

- ces données posent les bases de **normes numériques** du geste d'écriture chez les élèves italiens
- utilisé en classe sans changer les habitudes, le stylo pourrait servir à un **repérage préclinique** à grande échelle et à orienter vers une évaluation clinique les seuls élèves qui en ont besoin
- les domaines en difficulté identifiés pour chaque élève pourraient guider des **entraînements personnalisés**
- des études longitudinales, et la comparaison avec des enfants ayant un diagnostic de dysgraphie, restent nécessaires

9 POINTS CLES A RETENIR

1. Un stylo connecté écrivant sur papier, testé chez 707 élèves de la 1re à la 8e année de scolarité (CP à 4e).
2. Le temps passé en l'air entre les tracés est fortement lié à la vitesse d'écriture.
3. Beaucoup d'indicateurs atteignent un plateau dès la 3e année de scolarité (CE2).
4. En cursive, les modèles classent correctement 82 à 84 % des élèves à risque ou non.
5. Un outil prometteur pour le repérage à l'école, pas encore un outil de dépistage.

10 REFERENCE A CITER

Toffoli, S., Dui, L. G., Fontolan, S., Lunardini, F., Malavolti, M., Piazzalunga, C., Donati, A., Cornoldi, C., Termine, C., & Ferrante, S. (2026). Quantitative analysis of handwriting kinematics in primary and lower secondary school children through a sensorized ink pen: A cross-sectional population-based study. *PLOS Digital Health, 5*(7), e0001503. https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0001503

11 INFORMATIONS SUR LA SYNTHESE

Contributeur :	Date :
Frédéric Puyjarinet	23/11/2026
Relecteur (si applicable) :	Date :