

# QUAND LES SECRETS DE L'ÉCRITURE SE CACHENT SOUS LA PEAU

## L'ANALYSE DE L'ÉCRITURE PAR ÉLECTROMYOGRAPHIE

Mathieu Arès<sup>1,3</sup>, Cyril Muehlethaler<sup>1,2,3</sup>, Jacques Abboud<sup>1,4</sup> et François Nougrou<sup>1,5</sup>

<sup>1</sup>Université du Québec à Trois-Rivières, <sup>2</sup>Groupe de Recherche en Science Forensique, <sup>3</sup>Centre international de criminologie comparée,

<sup>4</sup>Groupe de Recherche sur les Affections Neuromusculosquelettiques et <sup>5</sup>Laboratoire des Signaux et Systèmes Intégrés

### 1.Introduction

L'analyse forensique de l'écriture repose sur des principes fondamentaux établis par des experts. Deux postulats majeurs structurent cette discipline :

« L'individualité de l'écriture est la base de toute identification. » – (Hilton, 1963)

« La variation de l'écriture est une propriété essentielle de chaque scripteur. »

– (Hilton, 1963)

Cependant, une question fondamentale se pose : **de quelle écriture parle-t-on ?**

L'analyse traditionnelle se concentre sur la **trace visible** laissée sur le papier ou la **trace dynamique** captée par une tablette graphique, mais cette approche ne prend pas en compte le **mouvement musculaire** qui génère cette trace.

Nous proposons ici **une nouvelle approche** qui considère l'écriture comme un **geste** et ainsi capter **un nouveau type de trace**.

### Hypothèses

1 Est-il possible d'analyser l'écriture à partir de signaux musculaires?

2 Que se passerait-il si nous utilisions ce nouveau signal pour analyser l'écriture dans différentes positions?

3 La méthode basée sur l'EMG permet-elle de révéler des différences subtiles dans les changements de conditions d'écriture, qui ne serait pas détectables avec les méthodes traditionnelles ?

### 2.Méthode

#### I. Acquisition des données

L'écriture est capturée via une tablette graphique (X, Y) et ...

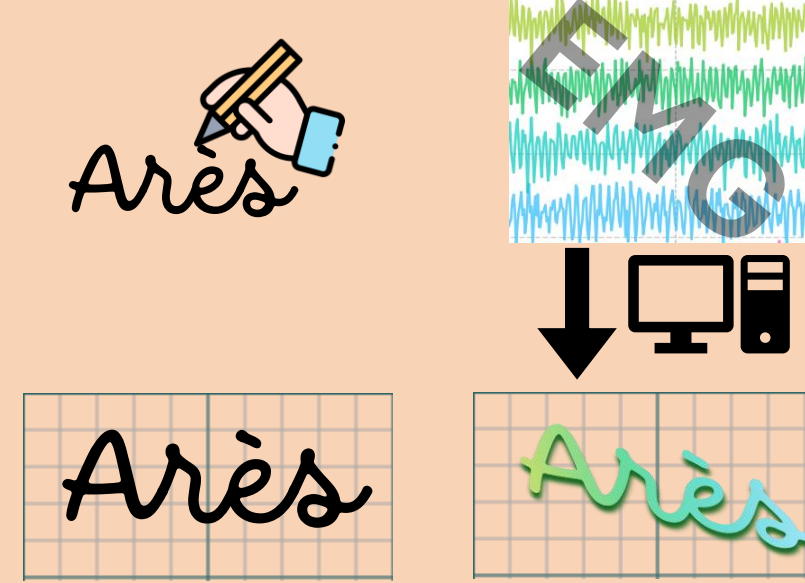


des signaux musculaires (EMG) enregistrés par les électrodes Myo

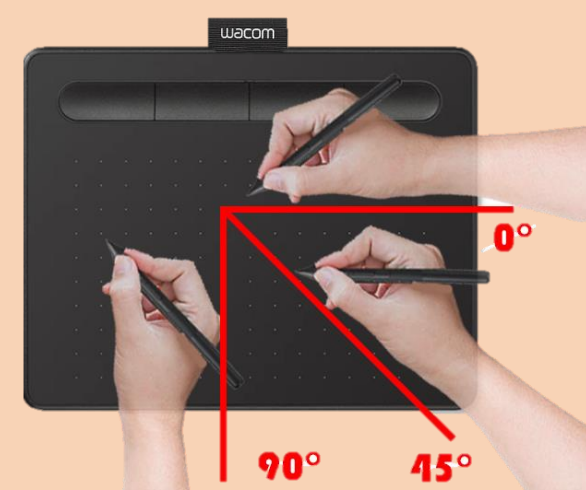


#### II. Création des modèles d'écriture

Un modèle est entraîné pour associer un signal EMG à une écriture spécifique.

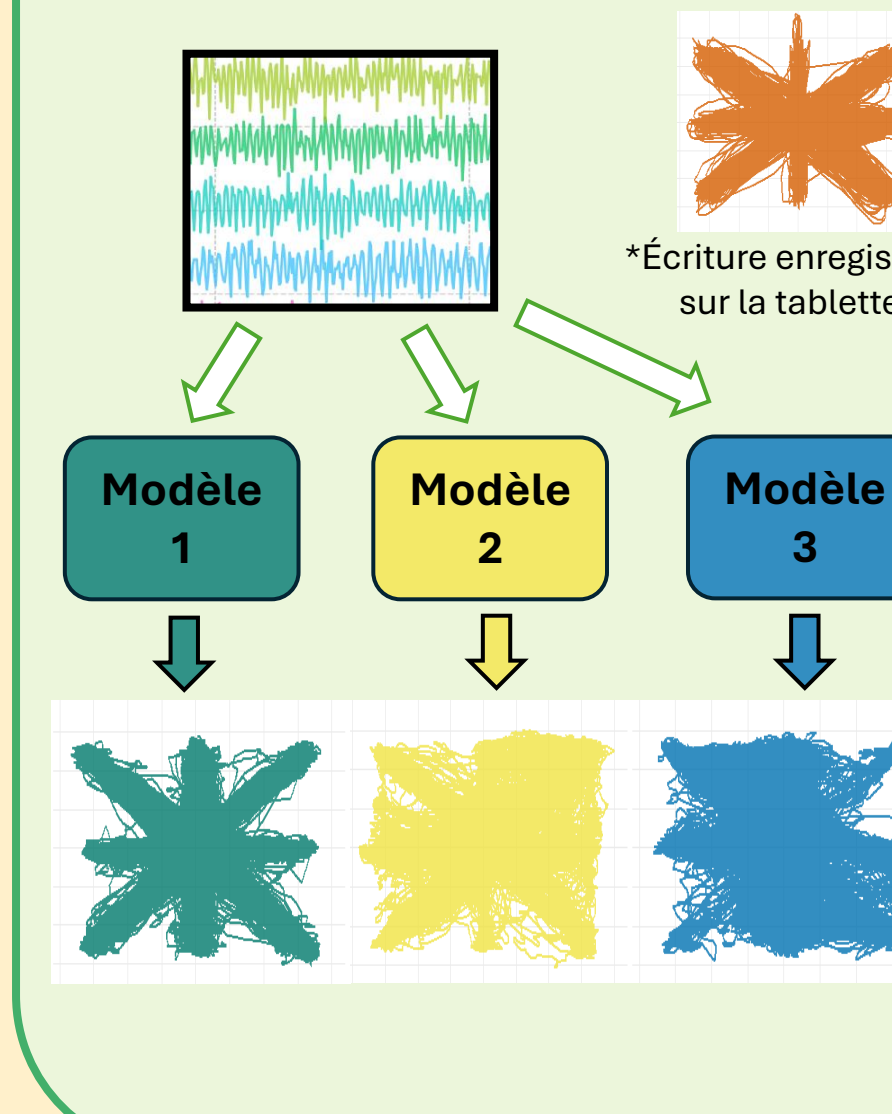


Des modèles sont créés pour 3 positions différentes.



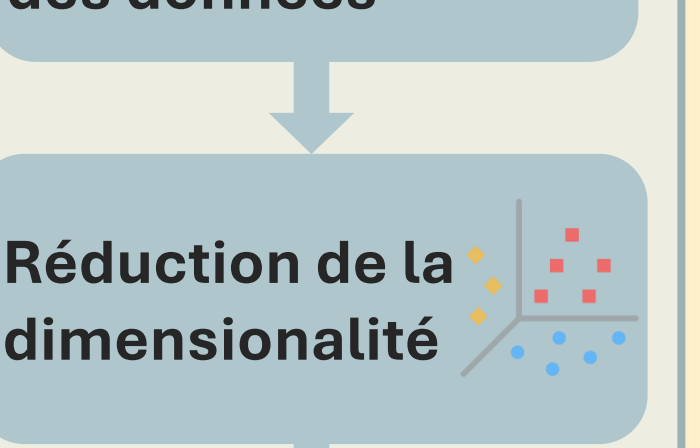
#### III. Création de données virtuelles

Les signaux EMG effectués dans les 3 positions sont passés dans les 3 modèles pour générer des traces d'écritures virtuelles.



#### IV. Extraction de caractéristiques et classification

Extraction de caractéristiques des données



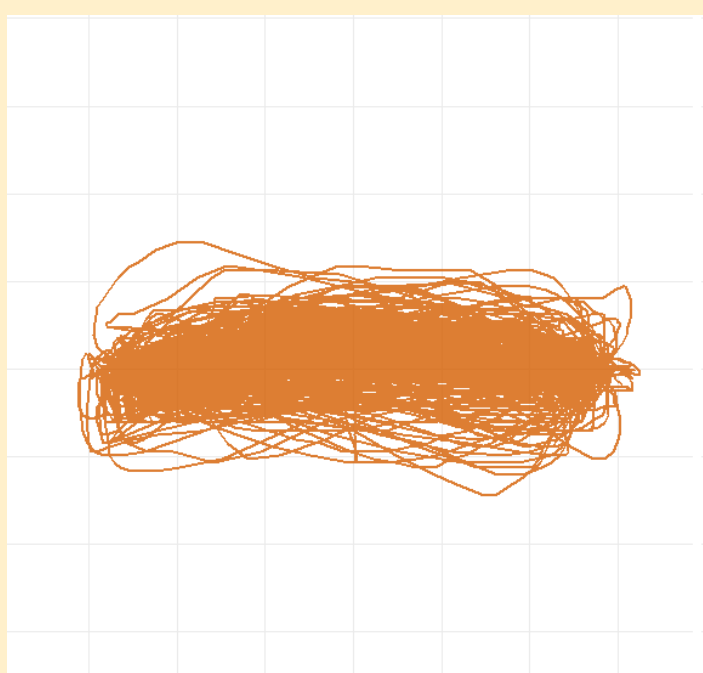
Réduction de la dimensionalité



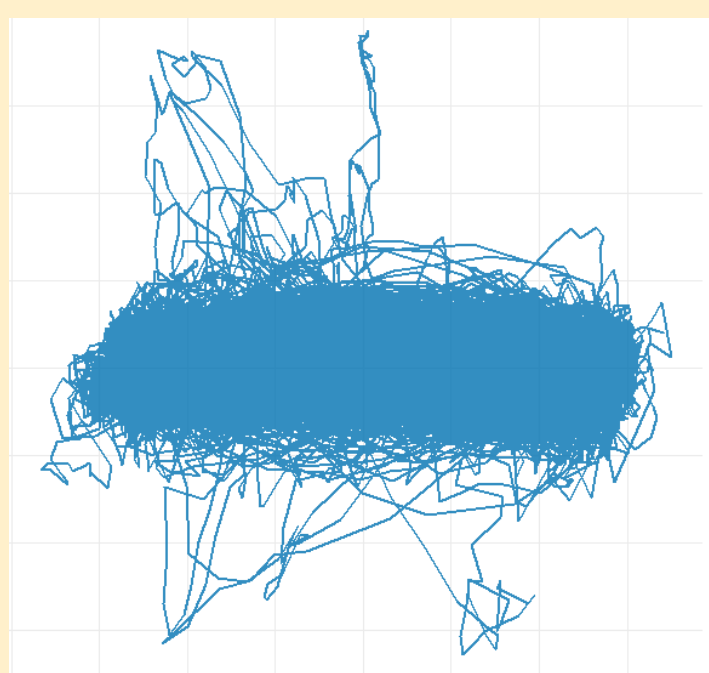
Résultats et analyses...

### 3.Résultats

Visualisation des différences entre l'écriture originale et générée



Tracé original capté par la tablette graphique



Écriture virtuelle créée à partir de l'EMG

### Analyses

L'écriture générée à partir des signaux EMG est similaire à l'écriture naturelle. Elle sera toutefois grandement influencée par la position lors de l'écriture.

		Référence			
		Direction 1	Direction 2	Direction 3	Direction 4
Prédiction	Direction 1	18	0	0	0
	Direction 2	0	17	0	0
	Direction 3	0	1	18	3
	Direction 4	0	0	0	15

Tableau 1 : Matrice de confusion des directions d'écriture pour l'écriture sans EMG

		Référence			
		Direction 1	Direction 2	Direction 3	Direction 4
Prédiction	Direction 1	18	0	0	0
	Direction 2	0	18	0	0
	Direction 3	0	0	18	1
	Direction 4	0	0	0	17

Tableau 2 : Matrice de confusion des directions d'écriture pour l'écriture avec EMG

Les quatre directions d'écriture évaluées correspondent à quatre tâches distinctes : écrire sur l'axe X, l'axe Y et les deux diagonales.

		Référence		
		Position 1	Position 2	Position 3
Prédiction	Position 1	18	8	3
	Position 2	5	14	2
	Position 3	1	2	19

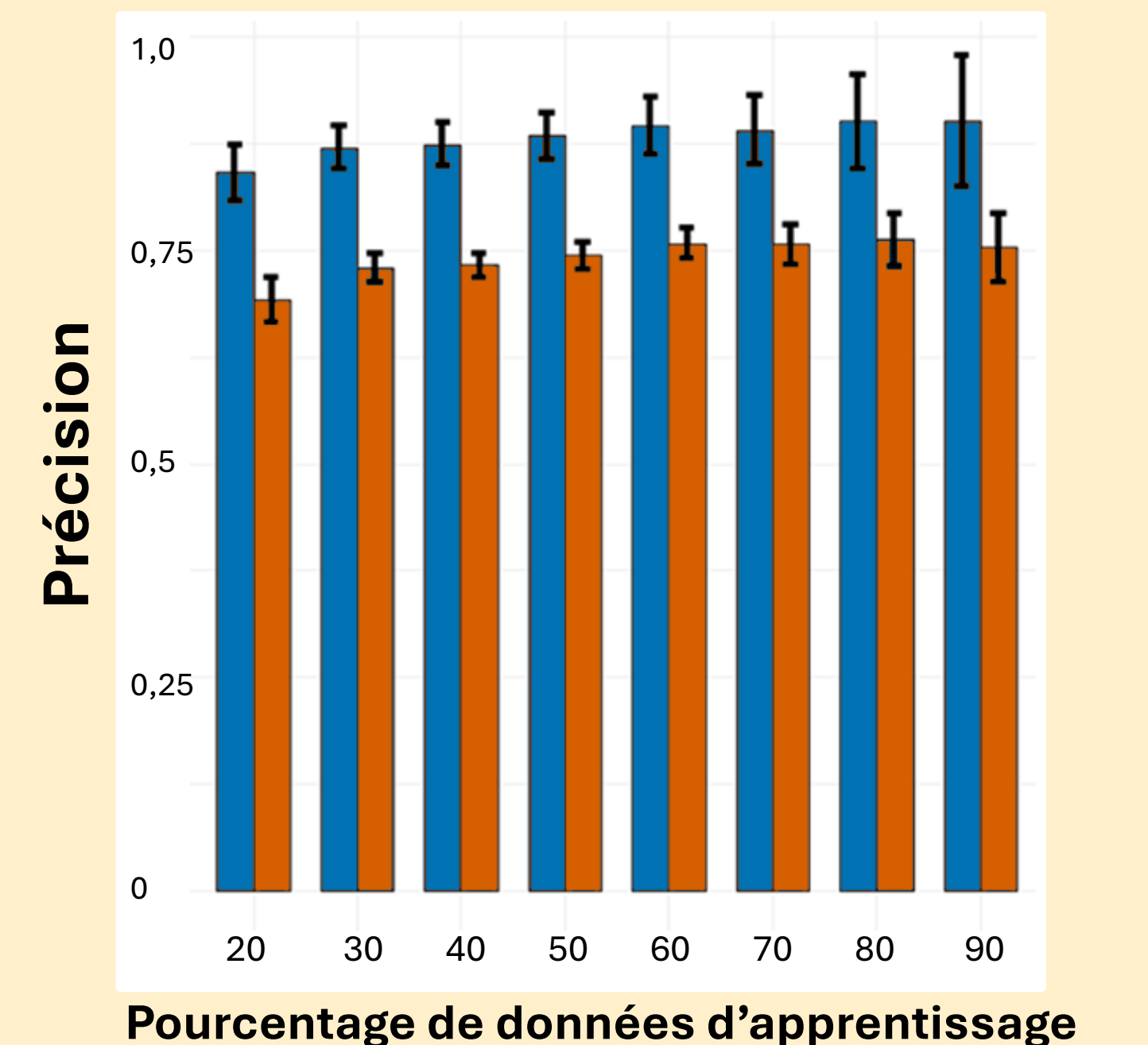
Tableau 3 : Matrice de confusion des positions d'écriture pour l'écriture sans EMG

		Référence		
		Position 1	Position 2	Position 3
Prédiction	Position 1	23	2	0
	Position 2	1	21	0
	Position 3	0	1	24

Tableau 4 : Matrice de confusion des positions d'écriture pour l'écriture avec EMG

Les trois positions d'écriture évaluées correspondent à l'écriture avec le coude à un angle de 0°, 45° et 90°.

Graphique de précision en fonction du pourcentage d'entraînement



Légende : Sans EMG (méthode traditionnelle) Avec EMG (méthode développée)

### 4.Conclusions

1 Il est possible d'analyser l'écriture à partir des signaux EMG à condition d'avoir un protocole optimisé.

2 La méthode permet d'analyser les postulats fondamentaux de l'écriture sous un nouvel angle, offrant ainsi une nouvelle manière d'interpréter le terme « écriture » comme un geste plutôt qu'un symbole.

3 La méthode basée sur l'EMG met en évidence des différences de conditions d'écriture qui ne peuvent pas être détectées par les méthodes traditionnelles (3 positions différentes).

### 5.Perspectives

Court terme  
Tester sur un plus large échantillon et tester d'autres positions / conditions

Long terme  
Étudier différents états (stress, fatigue, douleur)  
Étude sur les maladies neurodégénératives (Parkinson, Alzheimer)

Forensique  
Étude sur les effets de substances psychoactives sur l'écriture

### Remerciements

Merci à Ahmed Khelifi et Liv Cadola pour leurs précieux conseils. Merci également aux organismes subventionnaires pour leur appui essentiel à ce projet. Un merci particulier à l'UQTR pour la subvention des Fonds de développement académique du réseau (FODAR) en 2024.



### Références

Hilton, O. (2001). Some Basic Rules for the Identification of Handwriting. *Journal of the american society of questioned document examiners*, 4(2), 95-100.  
Linden, J. (2022). *Forensic Examination of Dynamic Signatures* [PHD defense, UNIL]. Posted at the University of Lausanne Open Archive.  
Chengzhang Li, Zheren Ma, Lin Yao, & Dingguo Zhang. (2013). Improvements on EMG-based handwriting recognition with DTW algorithm. *2013 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 2144-2147. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2013.6609958>  
Shafieian, M., & Nougrou, F. (2023). Improving simultaneous and proportional control from EMG signals based on a Two-Stage Regression Structure. *2023 45th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/EMBC40787.2023.10340870>

### Compléments

Pour accéder à toutes les sources, les coordonnées des chercheurs ou le mémoire duquel les données sont tirées:

