

Caractérisation de la Maladie d'Alzheimer à travers l'Écriture manuscrite acquise sur Tablette graphique

Auteurs

Télécom SudParis :

- KAHINDO Christian (Doctorant)
- Pr. GARCIA Sonia
- Pr. A. EI YACOUBI Mounim
- Pr. RIGAUD Anne-Sophie

Hôpital Broca:

- Pr. RIGAUD Anne-Sophie
- Dr. CRISTANCHO-LACROIX Victoria
- Dr. KHERVE Hélène

1 Introduction

2 Etat de l'art

2 Acquisition des données

3 Présentation de notre approche

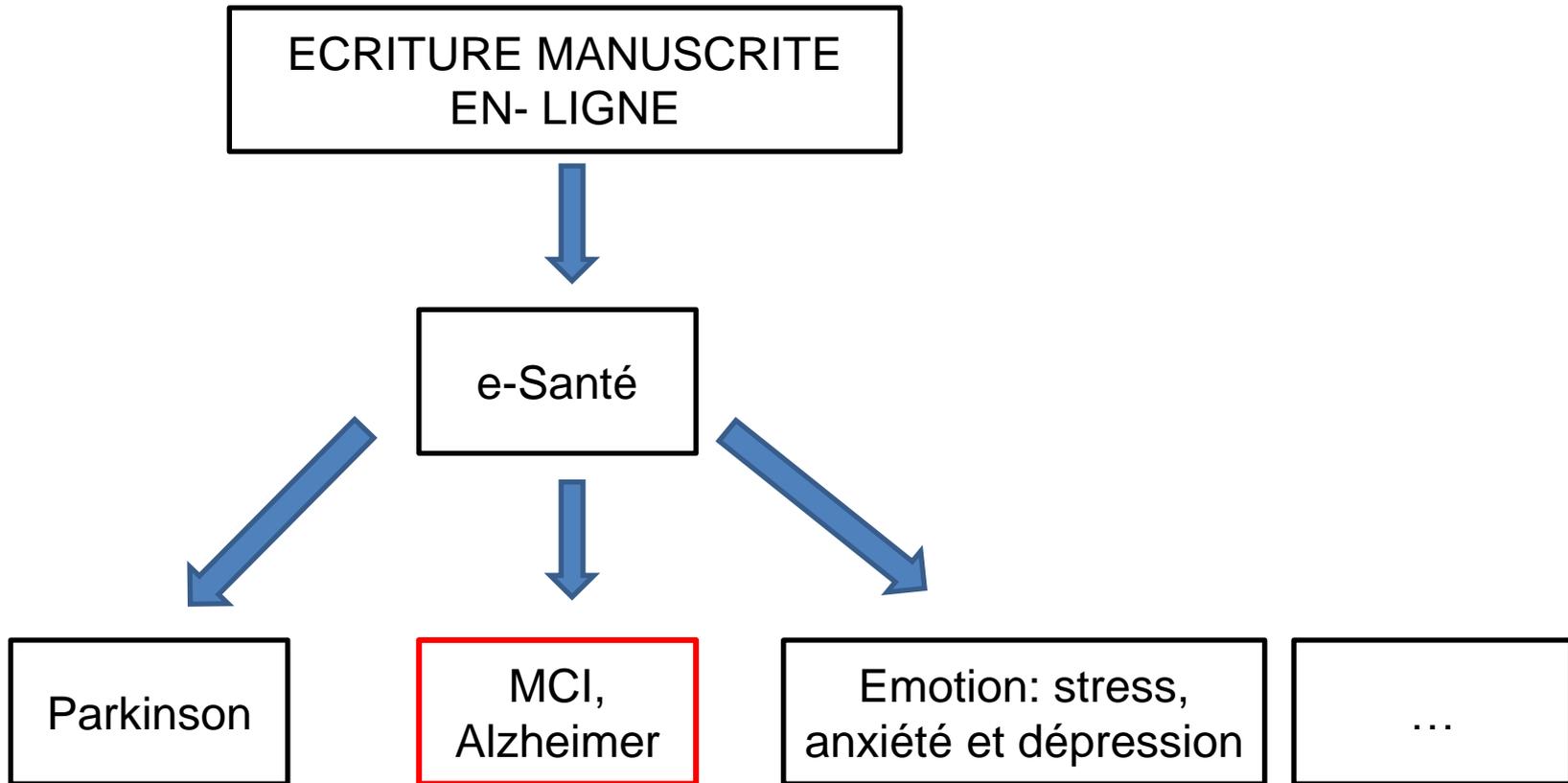
4 Expériences et résultats

5 Conclusion et perspectives



Introduction

Introduction



Introduction

Écriture → processus psychomoteur complexe qui requiert [1]:

- Contrôle moteur fin
- Coordination neuromusculaire spécifique
- Fonctions visuo-spatiales

Apprentissage → automatisme de ce processus psychomoteur



Développement du programme moteur fin

Dysfonctionnement du programme moteur fin



Détérioration de l'écriture

Objectif: Caractériser la maladie d'Alzheimer à travers l'écriture manuscrite en-ligne acquise sur tablette graphique

Introduction

Etat de l'art

Notre approche

Expériences et résultats

conclusion et perspectives



Etat de l'art

Etat de l'art

Alzheimer

Tâches ou exercices: - Ecrire une série des « l » cursifs [10,15];
- Copier un texte ou une phrase [7,14,16];
- Remplir un chèque [7] ...



Paramètres spatiaux temporels globaux : ex . Vitesse, accélération et pression moyennes



Tests statistiques (ANOVA, Mann-Whitney U-test, etc)

Classifieurs (LDA, LR)

Protocole d'acquisition

❑ Critères d'inclusion

→ Être âgé de 60 ans et plus

→ Lire et parler le français couramment

→ Appartenir à l'un des trois groupes:

✓ ES-AD : Alzheimer débutant (Early Stage Alzheimer Disease)

(MMSE : Mini Mental State Examination ≥ 20)

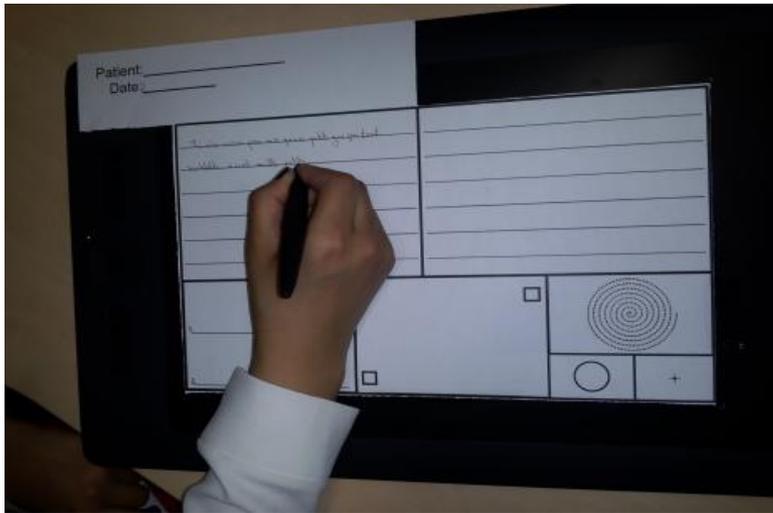
✓ MCI: Troubles cognitifs légers (Mild Cognitive Impairment)

✓ HC : personnes contrôle (Healthy Control)

❑ Données acquises : 144 participants dont : 28 HC, 87 MCI, 29 ES-AD

Protocole d'acquisition

- ❑ Matériel : Tablette Wacom Intuos Pro Large et stylet à encre (Inking Pen)



Enregistre toutes les 8 ms:

- Les coordonnées du stylet ($x(t)$, $y(t)$);
- La pression $p(t)$;

Tâche 1: Texte imposé extrait du « Petit Prince » d'Antoine de Saint-Exupéry, 1943

« Tu n'es encore pour moi qu'un petit garçon tout semblable à cent mille petits garçons. Je ne suis pour toi qu'un renard semblable à cent mille renards. Voici mon secret: on ne voit bien qu'avec le cœur. L'essentiel est invisible pour les yeux. »

Introduction Etat de l'art

Notre approche

Expériences et résultats conclusion et perspectives



Présentation de notre Approche

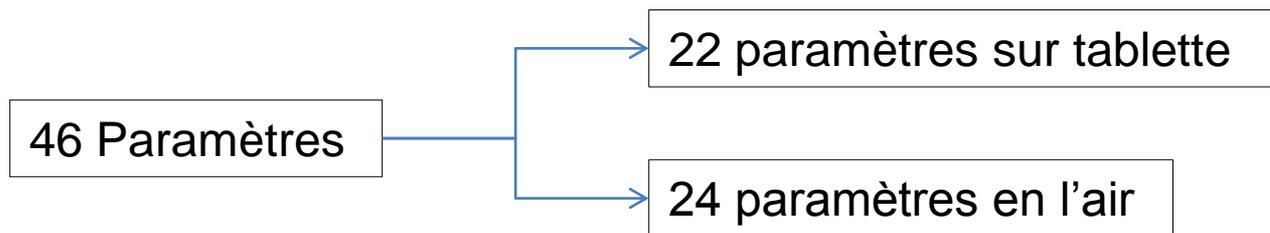
Aborde les limites de la littérature

- ❑ Extraction des paramètres globaux
Perte de la dynamique et faible pouvoir discriminant
→ Paramètres semi-globaux (sur un texte imposé)
- ❑ Profils cognitifs considérés comme homogènes
Pourtant ils sont hétérogènes
→ Technique d'apprentissage semi-supervisé
→ Faire émerger des sous-catégories des classes plus homogènes

1. Extraction des paramètres

3 catégories de paramètres:

- ❑ Cinématiques: vitesse, accélération et jerk (en x, y et les modules);
- ❑ Spatiaux : direction, courbure, longueurs des espaces inter et intra-mots; complexité de la trajectoire en l'air, etc;
- ❑ Dynamique: pression et variation de pression.



1. Extraction des paramètres

□ Paramètres *semi-globaux*

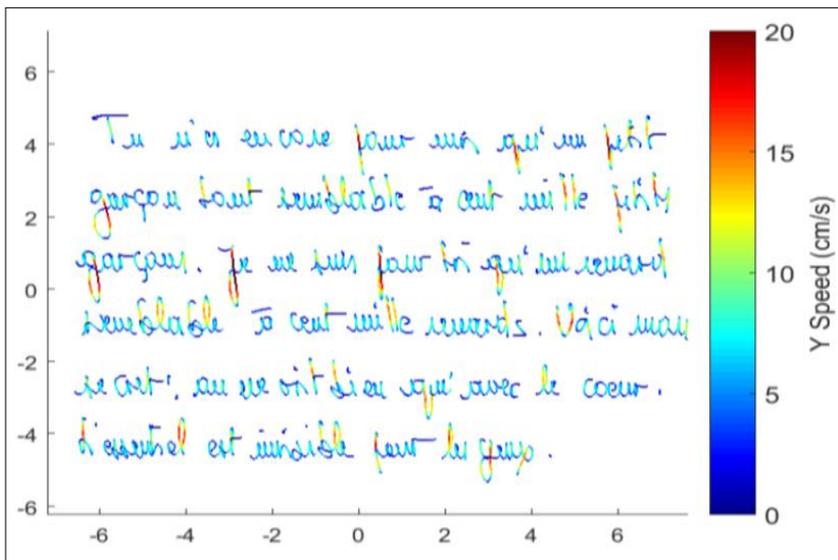


Figure 4: Visualisation des vitesses en Y (V_y) sur le texte imposé

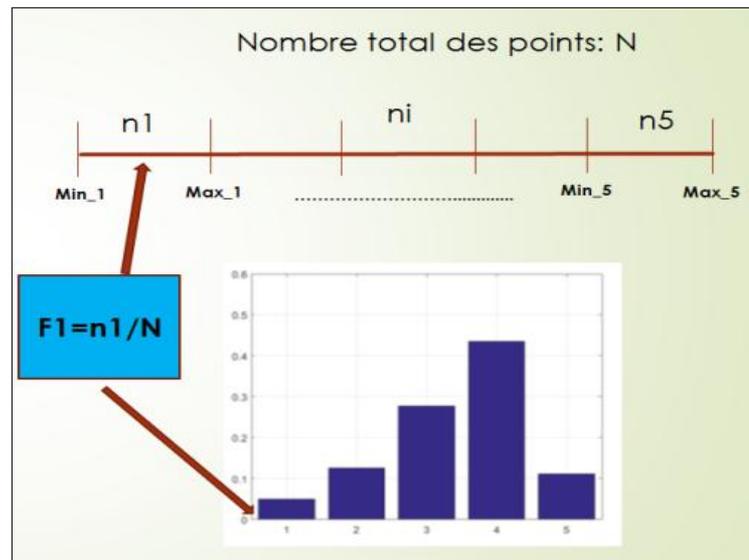


Figure 5: Illustration de la procédure de quantification scalaire avec K -moyennes

46 Paramètres codés chacun sur 5 bins

2. Sélection automatique des paramètres

Procédure itérative basée sur :

- Un Clustering Hiérarchique: sur les personnes et pour chacun des paramètres
1 personne est représentée par un vecteur de 5 bins
- l'Information Mutuelle Normalisée (IMN): à maximiser entre les classes et les clusters.

$$IMN(C, A) = \frac{IM(C, A)}{(H(C) + H(A)) / 2} \quad (1.2)$$

- Déterminer le nombre optimal de clusters
- Sélectionner les paramètres optimaux

2. Sélection automatique des paramètres

Information Mutuelle Normalisée (IMN)

$$IMN(C, A) = \frac{IM(C, A)}{(H(C) + H(A)) / 2} \quad (1.2)$$

$$IM(C, A) = \sum_{k=1}^{N_C} \sum_{i=1}^{N_A} p(C_k \cap A_i) \log_2 \left(\frac{p(C_k \cap A_i)}{p(C_k) \times p(A_i)} \right) \quad (1.3)$$

N_C : Nombre de clusters

N_A : Nombre de classes (HC, MCI, ES-AD)

$H(C)$: Entropie sur les clusters

$H(A)$: Entropie sur les classes (HC, MCI et ES-AD)

2. Sélection automatique des paramètres

- **Etape 1:** (a) sur chaque paramètre, on fait un Clustering avec différentes tailles ;
(b) on calcule l'*IMN* pour tous les nombres de clusters;
- **Etape 2:** on sélectionne le meilleur paramètre: celui ayant maximisé l' *IMN*;
- **Etape 3:** on sélectionne le paramètre qui maximise avec celui précédemment sélectionné l' *IMN*, lors du Clustering (sélection « forward »);
- **Etape 4:** on refait l'étape 3 jusqu'à ce que l'*IMN* n'augmente plus

Expériences et résultats

Cas 1: 2 classes (ES-AD vs HC)

□ Paramètres sélectionnés

- 1) Jerk vertical sur la trajectoire en l'air
- 2) Jerk normalisé sur la trajectoire en l'air
- 3) Module de la vitesse sur la trajectoire sur tablette
- 4) Nombre de strokes sur la trajectoire en l'air (portion du tracé entre 2 points tq $V_y=0$)

CAH avec ces 4 paramètres

	HC	ES-AD	total
Cluster_1	24	6	30
Cluster_2	4	23	27
Nbr Sujets	28	29	57

Expériences et résultats

Cas 2: 3 classes (HC, MCI et ES-AD)

□ Paramètres sélectionnés

- Nombre des points à accélération en y nulle (sur la trajectoire en l'air)
- Temps inter-mots
- Jerk en y (sur la trajectoire sur tablette)

	HC	MCI	ES-AD	total
Cluster_1	2	2	5	9
Cluster_2	2	38	21	61
Cluster_3	24	47	3	74
Nbr Sujets	28	87	29	144

Discussion par rapport à l'état de l'art

- ❑ Jerk (dérivée de l'accélération) est un meilleur paramètre dans les 2 cas
 - Caractérise la fluidité
 - Important dans la littérature pour caractériser l'Alzheimer [8]
- ❑ Nous ne trouvons pas que la pression est un bon paramètre comme dans [7]

Conclusion et perspectives

Acquis

Perspectives

- Approche **semi-globale** et **semi-supervisée** sur un **texte imposé**
 - Méthode de sélection automatique des paramètres basé sur l'*IMN*
 - Mise en évidence des paramètres pertinents caractérisant l'ES-AD
- Résultats prometteurs



Conclusion et perspectives

Acquis

Perspectives

- Analyse des paramètres locaux
- Etude d'autres tâches réalisées
- Etude longitudinale (après 12 mois)

Merci de votre attention



Questions ?