



Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques de l'Ingénieur

## AVIS DE SOUTENANCE THESE DE DOCTORAT

Présentée par

**Mme: IBTISSAME AOURAGHE**

Spécialité : Informatique et Systèmes intelligents

**Sujet de la thèse :** Development of artificial intelligence and machine learning methods for the early detection and classification of neurodegenerative pathologies based on online Arabic handwriting on graphics tablet : Study on the bilingual Moroccan population.

**Formation Doctorale :** Sciences de l'ingénieur, Sciences Physiques, Mathématiques et Informatique.

**Thèse présentée et soutenue le lundi 30 novembre 2020 à 10h au Centre de conférences devant le jury**

**composé de :**

Nom Prénom	Titre	Etablissement	
Mohammed Faouzi BELLAHSEN	PES	Faculté de Médecine Fès	Président
Emmanuel LE CLEZIO	PES	Université de Montpellier	Rapporteur
Mohammed SABBANE	PES	Faculté des Sciences Meknès	Rapporteur
Hassan QJIDAA	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mehraz Fès	Rapporteur
Khadija LAHRECH	PH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées Fès	Examineur
Saad BENNANI DOSSE	PES	Ecole Nationale des Sciences Appliquées Fès	Examineur
Mostafa MRABTI Ghizlane KHAISSIDI	PES PH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées Fès Ecole Nationale des Sciences Appliquées Fès	Directeurs de thèse

Laboratoire d'accueil : Informatique et Physique interdisciplinaire.

Etablissement : Ecole Normale Supérieure de Fès



**Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques de l'Ingénieur**

**Titre de la thèse :** Development of artificial intelligence and machine learning methods for the early detection and classification of neurodegenerative pathologies based on online Arabic handwriting on graphics tablet : Study on the bilingual Moroccan population.

**Nom du candidat :** Ibtissame AOURACHE

**Spécialité :** Informatique et Systèmes intelligents

**Résumé de la thèse**

Dans cette thèse, nous présentons un nouveau paradigme pour la caractérisation et la détection précoce de la maladie de Parkinson à travers l'analyse de l'écriture manuscrite en ligne acquise sur une tablette graphique numérique. Cette étude est basée sur des techniques et des méthodes d'apprentissage automatique et d'intelligence artificielle. L'état de l'art est largement dominé par des études menées sur les langues latines, et limité uniquement aux lettres, mots ou phrases. Ces études se sont également concentrées uniquement sur l'utilisation des calculs statistiques de base appliqués sur les paramètres cinématiques, mécaniques et spatiaux globaux de l'écriture manuscrite.

Notre travail traite les principales limitations et aspects qui ne sont pas encore abordés dans la littérature. Tout d'abord, nous proposons de mener notre étude sur un texte Arabe imposé composé de plusieurs lignes, acquis par notre équipe au service de neurologie du Centre Hospitalier Universitaire Hassan II Fès, suivant un protocole spécifique proposé par notre équipe de scientifiques et neurologues. À notre connaissance, il s'agit de la première étude portant sur la langue Arabe. Par ailleurs, afin de caractériser l'écriture manuscrite de la population marocaine étudiée, nous commençons par un apprentissage non supervisé pour générer automatiquement des clusters ou groupes de sujets homogènes et analyser les informations contenues dans ces clusters constitués des deux profils cognitifs considérés (patients atteints de la maladie de Parkinson et sujets contrôles). Après cette caractérisation non supervisée, nous avons calculé les caractéristiques statistiques de base utilisées dans la littérature, ensuite nous les avons injectés dans le classificateur Machine à Vecteur de Support. Cette approche nous a permis d'atteindre une précision de classification globale de 80%.

Dans le but d'améliorer les performances de classification et de développer un système automatique et intelligent de détection précoce des pathologies neurodégénératives, nous avons développé une nouvelle approche dont l'originalité porte sur l'extraction de nouveaux paramètres temporels et spectraux ainsi que sur la combinaison entre la segmentation du manuscrit en lignes individuelles et les algorithmes d'apprentissage automatique.

Cette nouvelle approche nous a permis d'étudier toute la dynamique de l'écriture manuscrite, d'analyser le texte plus en profondeur et d'évaluer la fatigue qui peut survenir lors de l'écriture d'une ligne à l'autre. Par ailleurs, au lieu de n'adopter que les paramètres statistiques de base souvent utilisés dans la littérature, nous proposons un nouveau type de paramètres temporels et spectraux. Une meilleure précision de 92,86% a été obtenue particulièrement sur la dernière ligne segmentée en se basant sur le classificateur Arbre de Décision. Les nouvelles catégories de paramètres spectraux et temporels ont donné les meilleures performances de classification par rapport aux paramètres statistiques de base utilisés dans la littérature.

Cette thèse a été réalisée dans le cadre du projet ENEMAR (Étude Neurologique de l'Écriture des MARocains) issu d'une collaboration entre l'équipe de recherche du Laboratoire Interdisciplinaire d'Informatique et de Physique de l'ENS-Fès et le service de neurologie du CHU HASSAN II. Ce projet a été lancé après l'accord du comité d'éthique de la recherche biomédicale de la Faculté de médecine et de pharmacie de Fès sous le numéro N ° 03/15; 10 juillet 2015; Fès, Maroc. L'objectif de ce projet est de développer un système d'aide au diagnostic intelligent et précoce afin de détecter les pathologies neurodégénératives (Parkinson, Alzheimer et troubles cognitifs légers) pour une population marocaine bilingue. Dans ce cadre, nous avons acquis notre propre base de données d'écriture manuscrite en ligne au CHU HASSAN II de Fès selon notre protocole spécifique. Tous les sujets qui ont participé à l'acquisition des données ont signé un formulaire de consentement et ont été examinés par l'équipe médicale.

Mots Clés: Apprentissage Automatique, Clustering, Classification, Paramètres Temporels Et Spectraux, Statistiques, Validation Croisée Stratifiée Imbriquée, Base De Données, Écriture Manuscrite Arabe En Ligne, Segmentation, Maladie De Parkinson, Pathologies Neurodégénératives.