



## AVIS DE SOUTENANCE THESE DE DOCTORAT

Présentée par

**Mr: ALAE AMMOUR**

Spécialité : Informatique et Systèmes intelligents

**Sujet de la thèse :** Contribution à la réalisation d'un système d'aide à la détection et le suivi de la maladie de Parkinson basé sur l'analyse automatique de l'écriture manuscrite en ligne chez une population Marocaine bilingue.

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

**Thèse présentée et soutenue le lundi 04 janvier 2021 à 10h au Centre de conférences devant le jury composé de :**

Nom Prénom	Titre	Etablissement	
Driss CHENOUNI	PES	Ecole Normale Supérieure de Fès	Président
Gilles DESPAUX	PES	Université de Montpellier	Rapporteur
Ismail ESSAOUDI	PES	Faculté des Sciences Meknès	Rapporteur
Khadija LAHRECH	PH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées Fès	Rapporteur
Mohammed Faouzi BELLAHSEN	PES	Faculté de Médecine et de Pharmacie de Fès	Examineur
Said MAZER	PES	Ecole Nationale des Sciences Appliquées Fès	Examineur
Lahcen OUGHDIR	PH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées Fès	Examineur
Mostafa MRABTI	PES	Ecole Nationale des Sciences Appliquées Fès	Directeurs de thèse
Ghizlane KHAISSIDI	PH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées Fès	

Laboratoire d'accueil : Informatique et Physique interdisciplinaire.

Etablissement : Ecole Normale Supérieure Fès



**Titre de la thèse :** Contribution à la réalisation d'un système d'aide à la détection et le suivi de la maladie de Parkinson basé sur l'analyse automatique de l'écriture manuscrite en ligne chez une population Marocaine bilingue.

**Nom du candidat :** Alae AMMOUR

**Spécialité :** Informatique et Systèmes intelligents

### Résumé de la thèse

La maladie de Parkinson est une maladie neurodégénérative qui affecte le système moteur, produisant des tremblements au repos, une bradykinésie et une rigidité. Par ailleurs, l'écriture manuscrite est une tâche qui nécessite un contrôle de la motricité fine et une coordination neuromusculaire spécifique. Ainsi, une altération des facultés de l'écriture manuscrite représente un symptôme moteur précoce de la maladie de Parkinson qui pourrait être exploité pour le développement d'un système intelligent d'aide au diagnostic de cette pathologie.

Cette thèse est menée dans l'objectif de répondre à certaines limites de la littérature concernant la problématique de détection de la maladie de Parkinson à travers l'analyse de l'écriture manuscrite acquise sur tablette graphique. Le premier aspect abordé consiste en une caractérisation de l'écriture manuscrite par la prise en compte des paramètres qualitatifs (ex : âge, niveau intellectuel, fréquence d'écriture par semaine, etc.) en plus de ceux quantitatifs calculées à partir des signaux d'écriture, afin de comprendre les situations où les paramètres quantitatifs seuls sont incapables de discriminer les patients atteints de la maladie de Parkinson et les sujets témoins. Ce nouveau paradigme utilise une approche de l'apprentissage non supervisé, qui applique un clustering sur l'ensemble de données d'écriture retenues suite à une sélection des paramètres quantitatifs les plus pertinents. Les résultats apparaissent sous forme de trois groupes de scripteurs : l'un où le facteur pathologique semble être le seul élément discriminant ; un autre groupe qui contient majoritairement des sujets sains ; et un caractérisé par un mélange de témoins avec un niveau intellectuel moyen et une fréquence d'écriture moyenne à faible, et des patients atteints de la maladie de Parkinson avec un niveau intellectuel et une fréquence d'écriture élevées. Ainsi, le résultat le plus remarquable qui ressort de cette étude est que le facteur âge n'a aucun impact sur la détection de la maladie de Parkinson. De plus, la présence de patients avec un niveau intellectuel et une fréquence d'écriture élevés pourraient conduire à des mauvaises prédictions, notamment dans le cas où l'algorithme de classification considère uniquement des paramètres de type qualitatif. En effet, la performance du système peut être améliorée en combinant les paramètres qualitatifs et quantitatifs.



Le deuxième aspect abordé dans cette thèse vise à identifier la nature des éléments graphiques dans un texte manuscrit Arabe et Français les mieux susceptibles à révéler les troubles de l'écriture liés à la maladie de Parkinson, et à contribuer ainsi à l'amélioration de la séparabilité entre les patients et les sujets sains. De ce fait, quatre catégories de segments sont générées à partir de chaque manuscrit en utilisant des stratégies de segmentation en ligne appliquant différents critères de coupure. De plus, les modèles de prédiction sont entraînés sur les paramètres quantitatifs extraits à partir de chaque catégorie de segments, ainsi que sur les textes non-segmentés. Ainsi, il a été observé suite à une comparaison des résultats, que l'information diagnostique est présente au niveau de toutes les composantes du manuscrit Arabe et Français, mais à divers degrés de signification. Les résultats de classification dépendent en fait du choix de la stratégie de segmentation et de la langue, et plus généralement des caractéristiques graphiques du système d'écriture. Par conséquent, les meilleures performances de prédiction peuvent être atteintes en appliquant la stratégie de segmentation la plus adaptée au système d'écriture utilisée dans la tâche d'écriture. En outre, il est à souligner que l'utilisation du texte arabe fournit des informations plus importantes pour la classification des patients atteints de la maladie de parkinson et des sujets sains.

Le dernier aspect évalue l'apport des signes diacritiques et des marques de ponctuation, dans un texte manuscrit Arabe, pour la détection de la maladie de Parkinson. L'extraction de ces éléments est réalisée en segmentant le texte en éléments réduits suivant les valeurs de pression instantanées, puis en appliquant une méthode de clustering sur les longueurs des segments ; les signes diacritiques et les marques de ponctuation correspondent ainsi au cluster des petits segments. Les résultats ont montré que ces éléments graphiques simples constituent une source importante d'information diagnostique, qui contribue significativement à l'amélioration des performances de classification.

Il est à noter finalement que parmi les fortes originalités de ce travail est l'utilisation de l'écriture Arabe pour la détection de la maladie de Parkinson. En effet, d'une part, il n'existe pas dans la littérature des travaux similaires sur la langue Arabe, et d'autre part la langue Arabe présente plusieurs particularités graphiques différentes du latin et plus généralement des autres langues, et qui ont été bien exploités pour résoudre cette problématique. En outre, tous nos travaux sont menés sur notre propre base de données que notre équipe de recherche a collectée au sein du service de neurologie de Fès.

**Mots clés : Maladie de Parkinson, écriture manuscrite en ligne, population Marocaine, clustering, apprentissage semi-supervisé, classification, segmentation en ligne.**