

École Nationale Supérieure d'Informatique et d'Analyse des Systèmes
Centre d'Études Doctorales en Sciences des Technologies de l'Information et de l'Ingénieur

AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE DE DOCTORAT

Monsieur Soufiane KAISSARI

Soutiendra publiquement sa thèse de Doctorat en Sciences de l'ingénieur

Le Samedi 15 Octobre 2022 à 10H00 au Grand amphi à l'ENSAM de Rabat

Intitulé de la thèse

**CONTRIBUTION À LA RÉSILIENCE AGRICOLE VIA LES NOUVELLES
TECHNOLOGIES : LES RÉSEAUX DE CAPTEURS SANS FILS HYBRIDE UTILISANT
LES ALGORITHMES DE L'APPRENTISSAGE PROFOND POUR LA DÉTECTION
PRÉCOCE DES MALADIES DE CHAMPS AGRICOLES**

Devant le Jury composé de :

Président :

Pr. Ahmed ESSADKI, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Directeur de thèse :

Pr. Abdennaser BOUROUHOU, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Co-Directeur de thèse :

Pr. Abdelillah JILBAB, PH, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Rapporteurs :

Pr. Khalid FAITAH, PES, ENSAJ, Université Chouaib Doukkali, El Jadida

Pr. Zine El Abidine ALAOUI ISMAILI, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

Pr. Mohamed HILAL, PH, Institut Supérieur des Sciences de la Santé, Université Hassan 1er, Settat

Examineur :

Pr. Atman JBARI, PH, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat



Résumé : Le présent travail de recherche porte sur le renforcement de la résilience agricole. Il se focalise sur l'utilisation des Réseaux de Capteurs Sans Fils Hybride (RCSFH) dans la supervision des champs agricoles et la détection précoce des maladies et des ravageurs de culture. Cette thèse procure en ce sens une vision globale sur la modélisation, la conception et le déploiement des nouvelles technologies en montrant leur centralité dans les pratiques agricoles intelligentes. Ce faisant, ce projet de thèse dépasse les études menées dans ce cadre en proposant une nouvelle approche technologique se servant, en sus des RCSFH, de l'Internet des Objets et de l'Intelligence Artificielle.

D'abord, l'analyse et la comparaison empirique des différents protocoles de routage des données dans un RCSFH ont permis l'étude énergétique des noeuds capteurs visant la garantie d'un meilleur fonctionnement du réseau tout en minimisant la consommation d'énergie. L'évaluation des trois protocoles Clusters Head (CH) simulés – sélectif, déterministe et aléatoire – a donc procuré les connaissances et données nécessaires en matière énergétique permettant l'expérimentation et l'implémentation de deux systèmes basés sur les Réseaux de Capteurs Sans Fils (RCSFs) en se servant d'une architecture Internet des Objets. De plus, un nouveau modèle d'Apprentissage Profond a été développé permettant la classification d'images des maladies d'une multitude de champs agricoles. Son déploiement a été donc dans des noeuds capteurs multimédias comportant des processeurs de traitement et des caméras. De ce fait, notre système garantit le support informationnel nécessaire pour faciliter la prise de décisions par les agriculteurs quant aux maladies des champs tout en les aidant à réduire l'utilisation des pesticides.

Finalement, la valorisation des résultats obtenus est un appui essentiel de l'approche innovatrice adoptée tout au long de notre travail de recherche en visant la digitalisation du domaine agricole. Ce faisant le processus de Transfert de Technologie mené a permis la création de notre spin-off, PlanTech. Celle-ci oeuvre, en se basant sur les nouvelles technologies des RCSFH, de l'Internet des Objets et de l'Intelligence Artificielle, à promouvoir les pratiques agricoles intelligentes en procurant un service de supervision des champs, d'analyse des données et de recommandations adapté aux diverses clientèles.

Mots-clés : Agriculture intelligente, apprentissage profond, maladie de plante, intelligence artificielle, internet des Objets, réseau de capteurs sans fil, traitement d'images.

Abstract: The present research work focuses on the use of a Hybrid Wireless Sensor Network (HWSN) for the supervision of farm fields and the early detection of plant diseases. In this sense, this thesis provides a global vision for the modeling, design, and implementation of new technologies by showing their centrality in smart agricultural practices. In fact, it proposes a new technological approach using, in addition to WSN, the Internet of Things, and Artificial Intelligence.

First, the analysis and empirical comparison of the different data routing protocols in a WSN allowed the energetic study of the sensor nodes to guarantee a better functioning of the network while minimizing energy consumption. The evaluation of three Cluster Head (CH) protocols- selective, deterministic, and random - has



provided the necessary knowledge allowing the experimentation and implementation of two systems based on WSNs. This allowed us to use a specific Internet of Things architecture. The implementation of these systems is aimed at monitoring photovoltaic panels (PVs) and agricultural fields.

In addition, a new Deep Learning model for disease classification in a variety of agricultural fields has been developed. As a result, it was deployed in multimedia sensor nodes equipped with processing processors and cameras. Our system provides farmers with the information they need to make informed decisions about field diseases while also assisting them in reducing pesticide use.

Finally, the valorization of the obtained results is an essential step of the innovative approach carried out throughout our research work, which aims to digitalize the agricultural domain. As a result of the technology transfer process followed the creation of our spin-off PlanTech. It promotes intelligent agricultural practices by providing field supervision, data analysis, and recommendations tailored to various clients based on HWSN, the Internet of Things, and artificial intelligence technologies.

Keywords: Artificial Intelligence, Deep Learning, image processing, Internet of Things, plant disease, smart agriculture, wireless sensor network.