جامعة ابن طفيل Université Ibn Tofail جامعة إبن طفيل Université Ibn Tofail ⵜⴰⵙⴷⴰⵡⵉⵜ ⵉⴱⵏ ⵜⵓⴼⴰⵢⵍ Ibn Tofail University

المملكة المغربية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي والابتكار

AVIS DE SOUTENANCE D'UNE THESE DE DOCTORAT

Le Directeur de l'Ecole Nationale des Sciences Appliquées a le plaisir d'informer le public qu'une soutenance de thèse de Doctorat en

«Sciences et ingénierie»

aura lieu le 21/11/2026 à 10H30 à l'ENSA, Kénitra

La Thèse sera présentée par Mr EL BAKKALI YASSIR

Sous le thème :

Optimal Operation of Hybrid Microgrid System

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Titre	Etablissement
SAYOUTI YASSINE	Président	FST, Mohammedia
BAKHOUYA MOHAMED	Rapporteur	UIR, Rabat
MESBAHI ABDELOUAHED	Rapporteur	ENSEM, Casablanca
ABBOU AHMED	Rapporteur	EMI, Rabat
YANN BEN MAISSA	Examinateur	INPT
BEZZA MOHAMED	Examinateur	FST, Mohammedia
KRAMI NISSRINE	Directeur de thèse	ENSA, Kénitra

UNIVERSITE IBN TOFAIL PÔLE DES ETUDES DOCTORALES KENITRA

رئاسة جامعة ابن طفيل، المركب الجامعي، ص.ب. 242 – القنيطرة – 14000
Presidency Ibn Tofail University, University Campus, BP.242 Kenitra 14000
(+212) 537 32 92 00 (+212) 79 45 21 30 05 UIT.ac.ma

Nom et Prénom : EL BAKKALI YASSIR
Date de soutenance : 21/11/2026
Directeur de Thèse : KRAMI NISSRINE

Sujet de thèse :

Optimal Operation of Hybrid Microgrid System

Résumé:

La gestion opérationnelle des sources renouvelables dans les microréseaux intelligents exige une prévision précise, une optimisation multi-objectif robuste, une coordination distribuée et un contrôle temps réel que les approches déterministes classiques ne peuvent assurer conjointement à coût acceptable. Cette thèse valide un Système de Gestion d'Énergie (EMS) intelligent intégré, structuré en deux contributions complémentaires. La première, DG-TFT-CQR, est un cadre probabiliste multi-sites combinant un bloc de graphe dynamique, un backbone Temporal Fusion Transformer, une régression multi-quantile et une calibration conforme. Évalué sur un jeu de données public de puissance éolienne couvrant huit fermes éoliennes, il atteint des performances de pointe et la meilleure qualité probabiliste parmi seize modèles concurrents. La seconde contribution est un algorithme bio-inspiré T-Cell qui résout le dispatch énergétique multi-objectif en temps réel au sein d'une architecture multi-agents JADE. L'EMS complet est validé en simulation Hardware-in-the-Loop sur plateforme OPAL-RT via une passerelle Raspberry Pi, à travers des scénarios réalistes incluant des rampes rapides de production, des pointes de charge et des événements de saturation de batterie, confirmant la robustesse et la réactivité du système dans des conditions proches du réel.

Mots-clés : Microréseau intelligent ; Système de gestion d'énergie ; DG-TFT-CQR ; Réseau de neurones à graphe dynamique ; Temporal Fusion Transformer ; Régression quantile conforme ; Optimisation T-Cell ; Système multi-agents ; Hardware-in-the-Loop ; OPAL-RT ; Prévision probabiliste ; Énergie éolienne.

Abstract:

The operational management of renewable sources in smart microgrids requires accurate forecasting, robust multi-objective optimisation, distributed coordination, and real-time control that classical deterministic methods cannot jointly deliver at acceptable cost. This thesis validates an integrated intelligent Energy Management System (EMS) built on two complementary contributions. First, DG-TFT-CQR, a multi-site probabilistic wind-forecasting framework, combines a dynamic-graph block with a Temporal Fusion Transformer backbone, multi-quantile regression, and conformal calibration. Evaluated on a public multi-site wind-power dataset across eight wind farms, it achieves state-of-the-art accuracy and the best probabilistic quality among sixteen baselines. Second, a bio-inspired T-Cell optimisation algorithm solves multi-objective microgrid dispatch in real time within a JADE multi-agent architecture. The complete EMS is validated through Hardware-in-the-Loop simulation on an OPAL-RT platform via a Raspberry Pi gateway, across realistic operating scenarios including rapid generation ramps, load spikes, and battery saturation events, confirming the system's robustness and responsiveness under near real-world grid conditions.

Keywords: Smart microgrid; Energy Management System; DG-TFT-CQR; Dynamic graph neural network; Temporal Fusion Transformer; Conformal quantile regression; T-Cell optimisation; Multi-agent system; Hardware-in-the-Loop; OPAL-RT; Probabilistic forecasting; Wind power.