



## AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

Le Doyen de la Faculté des Sciences Dhar El Mahraz –Fès – annonce que

Mme (elle) : **EL BOURAKADI Dounia**

Soutiendra : **le 14/11/2020 à 15H**

Lieu : **Centre Visio Conférence**

**Une thèse intitulée :**

*Approches à base d'agents intelligents pour la gestion d'énergie dans les Micro-Grids.*

**En vue d'obtenir le Doctorat**

**FD** : Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (STIC)

**Spécialité** : Informatique

**Devant le jury composé comme suit :**

	<b>NOM ET PRENOM</b>	<b>GRADE</b>	<b>ETABLISSEMENT</b>
<b>Président</b>	Pr. SATORI Khalid	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
<b>Directeur de thèse</b>	Pr. BOUMHIDI Jaouad	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
<b>Co-Directeur de thèse</b>	Pr. YAHYAOUY Ali	PH	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
<b>Rapporteurs</b>	Pr. OUAHMANE Hassan	PES	ENSA – D'El jadida
	Pr. BOURRAY Hamid	PH	Faculté des Sciences - Meknès
	Pr. NFAOUI El habib	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
<b>Membres</b>	Pr. SABBANE Mohammed	PES	Faculté des Sciences - Meknès
	Pr. LOQMAN Chakir	PH	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès

## **Résumé :**

Les énergies renouvelables constituent une alternative aux énergies fossiles pour plusieurs raisons. Le micro-réseau peut être considéré comme le moyen idéal pour intégrer les sources d'énergies renouvelables dans la production d'électricité et donner au consommateur la possibilité de participer au marché de l'électricité non seulement comme un consommateur mais aussi comme un producteur. Cette recherche présente une implémentation de trois systèmes intelligents de gestion de l'énergie pour le micro-réseau basés sur les systèmes multi-agents et constitués de deux phases primordiales : la phase de la prédiction de l'énergie produite par les énergies renouvelables et la phase de la prise de décision. Les trois systèmes visent à mettre en place un micro-réseau connecté au réseau de distribution public et composé principalement de différentes unités de production renouvelables (panneaux photovoltaïques, éoliennes), des unités de stockage et un ensemble de charge. Le premier système de gestion de l'énergie proposé est fondé d'une part sur l'algorithme " *Extreme Learning Machine* " pour la prédiction de l'énergie photovoltaïque et éolienne produite par les générateurs renouvelables. D'autre part, il est basé sur la logique floue pour contrôler la quantité d'électricité délivrée ou prélevée du réseau de distribution public afin de réduire les coûts et maximiser les bénéfices. Le deuxième système de gestion propose un nouvel algorithme optimal, régularisé et pondéré pour la prévision de l'énergie produite dans lequel la méthode d'optimisation par essaims de particules est utilisée pour optimiser le paramètre de régularisation de l'algorithme de base *Extreme Learning Machine*. Pour établir une stratégie efficace de gestion de l'énergie, un arbre de décision est utilisé comme outil de prise de décision pour gérer les différents flux d'énergie et garantir la disponibilité de l'électricité à la demande. Le troisième système de gestion fait appel au réseau récurrent à mémoire court et long terme pour prédire l'énergie éolienne de l'heure prochaine à l'aide de dix valeurs passées de la vitesse du vent. Des données réelles extraites des sites météorologiques ont été utilisées pour tester les trois systèmes. Les résultats montrent que les algorithmes de prévision proposés sont capables d'obtenir une meilleure généralisation, comparés aux algorithmes de littérature. En plus, les méthodes de prise de décision permettent d'effectuer une bonne gestion de l'énergie et donner plus de capacité à contrôler les différentes opérations dans le micro-réseau.

## **Mots clés :**

Energies renouvelables, Micro-Réseau, Système multi-agents, Système de gestion de l'énergie, Prédiction, Prise de décision, Logique floue, Arbre de décision, *Extreme learning machine*, Régularisation, Optimisation par essaims de particules, Réseau récurrent à mémoire court et long terme.

# **APPROACHES BASED ON INTELLIGENT AGENTS FOR ENERGY MANAGEMENT IN MICRO-GRIDS**

## **Abstract:**

Renewable energies constitute the alternative to fossil fuels for several reasons. The Micro-Grid can be considered as the ideal way to integrate renewable energy sources in the production of electricity and give the consumer the possibility to participate in the electricity market not only as a consumer but also as a producer. This research presents an implementation of three energy management systems for micro-grid based on multi-agent systems and constituted of two essential phases: the phase of prediction of the energy produced by renewable energies and the phase of decision-making. The trees system aims to set up a micro-grid connected to the public distribution network and composed mainly of different production units (photovoltaic panels, wind turbines), storage units and a load unit. The first proposed energy management system is based on the one hand, on Extreme Learning Machine algorithm for the prediction of photovoltaic and wind energy produced by renewable generators. On the other hand, it is based on fuzzy logic to control the amount of electricity delivered or taken from the public distribution network in order to reduce the costs and maximize the profits. The second system proposes a new optimal, regularized and weighted algorithm for forecasting produced energy by renewable energy in which the particle swarm optimization method is used to optimize the regularization parameter of the basic extreme learning machine algorithm. To establish an effective energy management strategy, a decision tree is used as a decision-making tool to manage the different energy flows and guarantee the availability of electricity on demand. The third system uses the recurrent Long-Short Term Memory network to predict next hour wind energy using ten past wind speed values. Real data extracted from weather sites are used to test the two proposed energy management system. The results show that the forecasting algorithms proposed are capable of obtaining better generalization, compared to algorithms of literature. In addition, the decision-making methods allow for good energy management and give more capacity to control the various operations in the micro-grid.

## **Key Words:**

Renewable energies, Micro-Grid, Multi-agent system, Energy management system, Prediction, Decision-making, Fuzzy logic, Decision tree, Extreme learning machine, regularization, particle swarms optimization, Long-Short Term Memory.