



جامعة محمد الخامس بالرباط
Université Mohammed V de Rabat

**École Nationale Supérieure d'Informatique et d'Analyse des Systèmes
Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Rabat**

Centre d'Études Doctorales en Sciences des Technologies de l'Information et de l'Ingénieur

AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE DE DOCTORAT

Monsieur Saad GHEOUANY

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

Spécialité : Génie Electrique

Le 28 mars 2026 à 10h00 au Grand Amphi à l'ENSAM de Rabat

Intitulé de la thèse

**Approche par intelligence artificielle pour l'optimisation des flux
d'énergies active et réactive d'un micro-réseau : validation sur un
prototype résidentiel**

Président :

Pr Samir BELFKIH, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Directeur de thèse :

Pr. Hamid OUADI, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Rapporteurs :

Pr. Saad LISSAN EL HAQ, PES, ENSEM, Université Hassan-II

Pr. Ahmed El AKKARY, PES, EST Salé, Université Mohammed V de Rabat

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

Examineur(s) :

Mohamed KHAFALLAH, PES, ENSEM Université Hassan-II

Soumia El HANI, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat



Résumé :

La transition énergétique et l'intégration croissante des énergies renouvelables imposent de repenser la gestion des réseaux électriques afin de répondre aux défis liés à la variabilité de la production, à l'augmentation de la demande et à la réduction des émissions de carbone. Dans ce contexte, cette thèse propose le développement d'un système intelligent et multi-étage de prévision et de gestion des flux d'énergie active et réactive, destiné aux micro-réseaux connectés aux bâtiments à énergie positive. Le travail s'articule autour du développement d'une solution intelligente pour l'optimisation de la facture, des émissions de carbone, des chutes de tension, du facteur de puissance, des pics de consommation et des pertes dans le réseau et de la durée de vie des systèmes de stockage. Cette optimisation repose sur une allocation appropriée et coordonnée des puissances actives et réactives entre les différentes sources et charges du système. Le problème de gestion énergétique est formulé comme un problème d'optimisation multi-objectifs sous contraintes, résolu par des algorithmes métaheuristiques. L'approche proposée combine deux niveaux complémentaires : une planification optimale à long terme basée sur des prévisions de charge et de production, et une couche d'adaptation en temps réel utilisant la technique d'Extremum Seeking, permettant de réduire les effets des incertitudes de prévision sur la planification. Les solutions développées sont validées expérimentalement. Les résultats obtenus montrent une réduction des coûts énergétiques et des émissions de carbone, une amélioration de la stabilité du réseau électrique et une amélioration de la durabilité des systèmes de stockage. L'architecture développée est modulaire, généralisable et applicable à de nombreux environnements, ainsi qu'à différents types de tarification et cadres réglementaires en vigueur selon les pays, notamment au Maroc et en Europe.

Mots-clés :

Bâtiment intelligent, micro-réseaux, système de gestion de l'énergie, algorithme d'optimisation métaheuristique, tarification électrique progressive marocaine, tarification selon les périodes d'usage, stockage par batterie, incertitude de prévision, prédiction énergétique.

Abstract:

The energy transition and the growing integration of renewable energies require a rethinking of power grid management to address challenges related to production variability, increasing demand, and carbon emission reduction. In this context, this thesis proposes the development of an intelligent, multi-level system for forecasting and managing active and reactive power flows, designed for microgrids connected to positive-energy buildings. The work focuses on developing an intelligent solution to optimize costs, carbon emissions, voltage drops, power factor, consumption peaks, network losses, and the lifetime of storage systems. This optimization relies on an appropriate and coordinated allocation of active and reactive power among the different sources and loads within the system. The energy management problem is formulated as a multi-objective optimization problem under constraints, solved using metaheuristic algorithms. The proposed approach combines two complementary levels: long-term optimal planning based on load and generation forecasts, and a real-time adaptation layer using Extremum



جامعة محمد الخامس بالرباط
Université Mohammed V de Rabat

Seeking, which mitigates the impact of forecast uncertainties on planning. The developed solutions are experimentally validated. The results demonstrate reductions in energy costs and carbon emissions, improvements in power grid stability, and enhanced durability of storage systems. The developed architecture is modular, generalizable, and applicable to a wide range of environments, as well as to different pricing schemes and regulatory frameworks in various countries, notably in Morocco and Europe.

Keywords:

Smart Building, Microgrids, Energy Management System, Metaheuristic Optimization Algorithm, Moroccan Tiered Electricity Tariff, Time of Use Tariff, Battery storage, Forecast Uncertainty, Energy Prediction.