الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة العليا للاعلام الالي 8 ماي 5491
École Supérieure en Informatique
8 Mai 1945 Sidi Bel Abbès

THESIS

To obtain the diploma of **Master**
Field: **Computer Science**
Specialty: **Computer Systems Engineering(ISI)**

Theme

End-to-End LoRaWAN IoT Stack for Intelligent autonomous Microgrid Monitoring and Proactive Control.

Presented by:
AOUAY Ikram Safia
MEHAL Wiam

Submission Date: **01/10/2025**
In front of the jury composed of:

Pr. RAHMOUN Abdellatif	President
Dr. BENSENANE Hamdan	Supervisor
Mr. RENNANE Ahmed	Supervisor
Dr. KHALDI Miloud	Examiner

Academic Year : 2024-2025

ABSTRACT

This thesis explores the current state of IoT and AI-based microgrid monitoring systems. With the increasing integration of renewable energy and distributed energy resources, efficient and autonomous monitoring of microgrids has become critical. This study provides a comprehensive review of LoRaWAN communication protocols and AI algorithms applied to microgrid management, highlighting both the potential and challenges of integrating these technologies.

The study follows a qualitative methodology based on scientific literature and system analyses. The results demonstrate that combining low-power IoT networks with AI-driven predictive maintenance, anomaly detection, and energy optimization can significantly enhance microgrid efficiency, resilience, and autonomy.

This thesis contributes to the field by presenting a detailed synthesis of current approaches, emphasizing that intelligent, energy-efficient, and scalable IoT-AI solutions represent the most practical way to achieve autonomous microgrid monitoring and management.

Key words — IoT, LoRaWAN, AI, Microgrid, Predictive Maintenance, Energy Management

Résumé

Ce mémoire explore l'état actuel des systèmes de surveillance des microgrids basés sur l'IoT et l'intelligence artificielle. Avec l'intégration croissante des énergies renouvelables et des ressources énergétiques distribuées, la surveillance efficace et autonome des microgrids devient essentielle. Cette étude présente une analyse complète des protocoles de communication LoRaWAN et des algorithmes d'IA appliqués à la gestion des microgrids. L'objectif est de mettre en évidence à la fois le potentiel et les défis de l'intégration de ces technologies.

L'étude repose sur une méthodologie qualitative basée sur la littérature scientifique et l'analyse des systèmes. Les résultats montrent que la combinaison de réseaux IoT à faible consommation et de l'IA pour la maintenance prédictive, la détection d'anomalies et l'optimisation de l'énergie peut améliorer significativement l'efficacité, la résilience et l'autonomie des microgrids.

Ce mémoire contribue au domaine en présentant une synthèse détaillée des approches actuelles, soulignant que des solutions IoT-IA intelligentes, écoénergétiques et évolutives représentent la manière la plus pratique d'atteindre une surveillance et une gestion autonomes des microgrids.

Mots clés — Microgrid, IoT, LoRaWAN, Intelligence Artificielle, surveillance autonome, optimisation énergétique

الملخص

تستعرض هذه الأطروحة حالة أنظمة مراقبة الشبكات الصغيرة القائمة على إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي. مع الاندماج المتزايد لمصادر الطاقة المتجددة والموارد الموزعة، أصبح من الضروري مراقبة الشبكات الصغيرة بشكل فعال ومستقل. تقدم هذه الدراسة مراجعة شاملة لبروتوكولات الاتصال بعيد المدى منخفض الطاقة والخوارزميات الذكية المستخدمة في إدارة الشبكات الصغيرة، مع تسليط الضوء على كل من الإمكانات والتحديات المتعلقة بدمج هذه التقنيات. تعتمد الأطروحة على منهجية نوعية

تستند إلى الأدبيات العلمية وتحليل الأنظمة. وتوضح النتائج أن الجمع بين شبكات إنترنت الأشياء منخفضة الاستهلاك للطاقة والذكاء الاصطناعي لإجراء الصيانة التنبؤية، واكتشاف الأنماط الشاذة، وتحسين استهلاك الطاقة، يمكن أن يعزز بشكل كبير كفاءة الشبكات الصغيرة ومرونتها واستقلاليتها. تساهم هذه المذكرة في المجال من خلال تقديم تركيب مفصل للنهج الحالية،

مؤكدة أن الحلول الذكية والموفرة للطاقة والقابلة للتطوير القائمة على إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي تمثل الطريقة الأكثر عملية لتحقيق المراقبة والإدارة المستقلة للشبكات الصغيرة.

الكلمات المفتاحية: الشبكات الصغيرة، إنترنت الأشياء، بروتوكول الاتصال بعيد المدى منخفض الطاقة، الذكاء الاصطناعي، المراقبة المستقلة، تحسين استهلاك الطاقة.