

الجمهورية الشعبية الديمقراطية الجزائرية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
المدرسة العليا للإعلام الآلي 08 ماي 5491. بسيدي بلعباس  
École Supérieure en Informatique  
-08 Mai 1945- Sidi Bel Abbès



## THESIS

To obtain the **Engineer degree**  
Field: **Computer Science**  
Specialty: **Artificial Intelligence and Data Science (IASD)**

### Theme

---

**Approaches to Energy Demand Forecasting and  
Charging Station Placement for Electric Vehicles  
Charging Stations**

---

Presented by:  
**Latifa Aya ZEKRI**

Submission Date: **Sept, 2024**  
In front of the jury composed of:

**Pr RAHMOUN Abdellatif**  
**Pr. SENOUCI Sidi-Mohammed**  
**Dr KHALDI Belkacem**  
**Dr BENSENANE Hamdan**

President  
Co-Supervisor  
Supervisor  
Examiner

*Academic Year : 2023/2024*

# Abstract

The rapid growth of the Electric Vehicle (EV) market has heightened the demand for efficient energy management and strategic placement of Charging Stations (CSs). This thesis addresses these challenges by presenting novel solutions for energy demand forecasting and charging station optimization.

We conducted a thorough data analysis and interpretation, providing valuable insights into the operation and utilization of charging stations. This analysis helped service providers understand station performance and identify areas for improvement. Building on these insights, we developed an advanced energy demand forecasting framework using Spatio-Temporal Graph Neural Networks (ST-GNNs). By incorporating additional dataset features, including Points of Interest (POI) data, we achieved improved forecasting accuracy compared to baseline models. Furthermore, we introduced a method for optimizing the placement of charging stations. This method involved reorganizing existing stations and strategically deploying new ones to balance usage and enhance accessibility. Our approach, supported by a mathematical formulation and genetic algorithm, demonstrates a significant improvement in infrastructure efficiency.

These contributions offer effective strategies for enhancing EV charging infrastructure, supporting the evolving needs of the electric vehicle market.

**Keywords**— Electric Vehicles, Charging Stations, Energy Forecasting, Optimization, Graph Neural Networks, Machine Learning, Deep Learning, Spatial Dynamics.

## الملخص

مع تزايد الطلب على محطات شحن المركبات الكهربائية بسبب النمو السريع للتنقل الكهربائي، يصبح من الضروري التنبؤ بدقة بكمية استهلاك الطاقة والتوزيع الاستراتيجي لهذه المحطات. تقدم هذه الأطروحة مراجعة شاملة لأحدث الأساليب في التنبؤ باستهلاك الطاقة لمحطات شحن المركبات الكهربائية وتحسين توزيعها. نستعرض منهجيات مختلفة مستخدمة في الأبحاث، بما في ذلك نماذج السلاسل الزمنية، وتقنيات التعلم العميق، والشبكات العصبية البيانية، للتنبؤ بالطلب على الشحن وتحسين كفاءة شبكات الشحن. بالإضافة إلى ذلك، ندرس أطر التحسين التي تأخذ في الاعتبار العوامل المكانية والمتغيرات الديموغرافية ونقاط الاهتمام لتعزيز الوصول والفعالية التشغيلية لمحطات الشحن. تؤكد تحليلاتنا على أهمية دمج النماذج المتقدمة المدفوعة بالذكاء الاصطناعي واستراتيجيات التحسين لمواجهة التحديات المرتبطة بالطلب المتزايد على بنية التنقل الكهربائي.

النمو السريع لسوق السيارات الكهربائية أدى إلى زيادة الطلب على إدارة استهلاك الطاقة بكفاءة وتحسين المواقع الاستراتيجية لمحطات الشحن. تتناول هذه الأطروحة هذه التحديات من خلال تقديم حلول جديدة للتنبؤ بالطلب على الطاقة وتحسين توزيع محطات الشحن. قننا بإجراء تحليل وتفسير شامل للبيانات، مما قدم رؤى قيمة حول تشغيل واستخدام محطات الشحن. ساعد هذا التحليل الخدمة في فهم أداء المحطات وتحديد المجالات التي تحتاج إلى تحسين. استناداً إلى هذه الرؤى، طورنا إطاراً متقدماً لتوقع الطلب على الطاقة باستخدام الشبكات العصبية البيانية. من خلال دمج ميزات إضافية من مجموعات البيانات، بما في ذلك بيانات نقاط الاهتمام، حققنا دقة أكبر في التنبؤ مقارنة بالنماذج والطرق الاعتيادية. بالإضافة إلى ذلك، قننا بتقديم طريقة لتحسين توزيع محطات الشحن. تضمنت هذه الطريقة إعادة تنظيم المحطات الحالية ونشر محطات جديدة بشكل استراتيجي لتحقيق توازن في الاستخدام وتعزيز الوصول. نهجنا، المدعوم بصياغة رياضية وخوارزمية جينية، يظهر تحسناً كبيراً في كفاءة البنية التحتية. تقدم هذه المساهمات استراتيجيات فعالة لتحسين بنية محطات الشحن للسيارات الكهربائية، مما يدعم الاحتياجات المتطورة لسوق السيارات الكهربائية.

الكلمات المفتاحية--- المركبات الكهربائية، محطات الشحن، التنبؤ بالطاقة، التحسين، الشبكات العصبية البيانية، تعلم الآلة، التعلم العميق.

# Résumé

La croissance rapide du marché des véhicules électriques (VEs) a accentué la demande en gestion efficace de l'énergie et en placement stratégique des stations de recharge. Cette thèse aborde ces défis en présentant des solutions novatrices pour la prévision de la demande énergétique et l'optimisation du placement des stations de recharge.

Nous avons réalisé une analyse et une interprétation approfondies des données, fournissant des informations précieuses sur le fonctionnement et l'utilisation des stations de recharge. Cette analyse a aidé les prestataires de services à comprendre les performances des stations et à identifier les domaines nécessitant des améliorations. Sur la base de ces informations, nous avons développé un cadre avancé pour la prévision de la demande énergétique en utilisant les Réseaux de Neurones en Graphes Spatio-Temporels (ST-GNNs). En intégrant des caractéristiques supplémentaires des ensembles de données, y compris les données des Points d'Intérêt (POI), nous avons atteint une précision de prévision améliorée par rapport aux modèles de référence. De plus, nous avons introduit une méthode pour optimiser le placement des stations de recharge. Cette méthode consistait à réorganiser les stations existantes et à déployer stratégiquement de nouvelles stations pour équilibrer l'utilisation et améliorer l'accessibilité. Notre approche, soutenue par une formulation mathématique et un algorithme génétique, montre une amélioration significative de l'efficacité des infrastructures.

Ces contributions offrent des stratégies efficaces pour améliorer les infrastructures de recharge des VEs, soutenant les besoins évolutifs du marché des véhicules électriques.

**Mots-clés**— Véhicules Électriques, Stations de Recharge, Prévision de l'Énergie, Optimisation, Réseaux Neuronaux Graphiques, Apprentissage Automatique, Apprentissage Profond.