

OPTIMISATION DE LA RECHARGE ET DU DÉPLOIEMENT DES INFRASTRUCTURES POUR VÉHICULES ÉLECTRIQUES : MODÈLES, STRATÉGIES ET APPROCHES INTELLIGENTES

Encadrements : Pr. Ameer SOUKHAL directeur de thèse au LIFAT, Pr. Ammar OULAMARA Co-directeur de thèse au LORIA-Nancy et Dr Tifenn RAULT encadrante au LIFAT

Contexte :

La transition vers une mobilité durable est un enjeu majeur pour répondre aux défis climatiques et environnementaux. Le déploiement massif des véhicules électriques (VE) constitue une solution prometteuse pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et les polluants atmosphériques. Cependant, cette transition s'accompagne de défis techniques et systémiques, notamment en ce qui concerne la gestion de la demande énergétique sur le réseau électrique.

Actuellement, les VE représentent une part encore limitée du parc automobile, mais leur nombre croissant pose des questions cruciales sur la capacité du réseau électrique à absorber la demande accrue en énergie, notamment lors des pics de charge. Une recharge non coordonnée pourrait entraîner des déséquilibres réseau, une augmentation des coûts d'exploitation et une dégradation de la performance globale du système électrique.

Par ailleurs, l'émergence de flottes de VE connectés et automatisés ouvre de nouvelles perspectives pour la mise en œuvre de stratégies de recharge intelligente. Ces stratégies doivent non seulement minimiser l'impact sur le réseau électrique, mais aussi intégrer des considérations environnementales (réduction des émissions de CO₂, polluants et particules) et sociétales (changements de comportements de mobilité, acceptabilité sociale).

Objectifs :

L'objectif de ce projet de thèse est de développer des outils d'optimisation et d'aide à la décision pour la gestion de l'écosystème de recharge des véhicules électriques (VE). Cela comprend le dimensionnement, la localisation de l'infrastructure de recharge et l'optimisation de la recharge électrique en prenant en compte les usages des véhicules, les contraintes techniques liées à l'infrastructure et au réseau électrique, ainsi que les caractéristiques techniques des VE.

Les approches scientifiques à mettre en œuvre doivent prendre en compte la complexité des interactions entre les acteurs du système (gestionnaires de réseau, opérateurs de recharge, utilisateurs de VE) et les contraintes techniques (capacité du réseau, disponibilité des véhicules, prédiction des besoins énergétiques). Des extensions des travaux scientifiques pour tenir compte de politiques innovantes, telles que le Vehicle-to-Grid (V2G) ou les stratégies d'effacement, peuvent contribuer à réduire les impacts environnementaux et garantir une intégration harmonieuse des VE dans le réseau électrique local.

La thèse vise donc à :

- Développer des stratégies de recharge intelligente et coordonnée pour minimiser l'impact sur le réseau électrique en termes de puissance consommée. Stratégie se base sur la modulation de puissances. L'approche en-line est privilégiée pour l'étude.
- Intégrer des politiques innovantes comme le Vehicle-to-Grid (V2G) et les stratégies d'effacement.
- Tester et valider expérimentalement les modèles et les stratégies proposés, en tenant compte des spécificités locales (zones rurales et urbaines)

Méthode :

La thèse adoptera une approche méthodologique rigoureuse, comprenant les étapes suivantes :

- Réalisation d'un **état-de-l'art** pour se familiariser avec la thématique.
- **Stratégies de recharge intelligente** : Mise au point de solutions efficaces pour la gestion de la recharge des VE, minimisant l'impact sur le réseau électrique, tout en intégrant les besoins des différents acteurs (gestionnaires de réseau, opérateurs, utilisateurs de VE), en évitant les pics de charge et en optimisant l'utilisation des ressources énergétiques disponibles. Des approches exactes et heuristiques seront explorées pour résoudre les problèmes d'optimisation multi-objectifs.
- **Politiques d'intégration du V2G et de l'effacement** : Une évaluation détaillée des impacts techniques et des avantages de ces politiques pour optimiser la gestion de la demande énergétique et l'intégration des VE dans le réseau électrique.
- **Validation des modèles et stratégies** : Une validation expérimentale des modèles et stratégies proposées à travers des cas d'étude réels ou simulés, permettant de démontrer l'efficacité et la viabilité des solutions développées pour une gestion harmonieuse de la recharge des véhicules électriques.

Références bibliographiques :

1. A. Agnetis, JC Billaut, S. Gawiejnowicz, D. Pacciarelli, A. Soukhal. Multiagent scheduling, Models and algorithms". Springer-Verlag, 2014
2. Richardson, D. B. (2013). 'Electric vehicles and the electric grid: A review of modeling approaches, impacts, and renewable energy integration.' Renewable and Sustainable Energy Reviews, 19, 247-254.
3. Sovacool, B. K., & Hirsh, R. F. (2009). 'Beyond batteries: An examination of the benefits and barriers to plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs) and a vehicle-to-grid (V2G) transition.' Energy Policy, 37(3), 1095-1103.
4. Lund, H., & Kempton, W. (2008). 'Integration of renewable energy into the transport and electricity sectors through V2G.' Energy Policy, 36(9), 3578-3587.
5. I. Zaidi, A. Oulamara, L. Idoumghar, M. Basset: Minimizing grid capacity in preemptive electric vehicle charging orchestration: Complexity, exact and heuristic approaches. Eur. J. Oper. Res. 312(1): 22-37 (2024)
6. I. Zaidi, A. Oulamara, L. Idoumghar, M. Basset: Maximizing the number of satisfied charging demands of electric vehicles on identical chargers. Omega. Volume 127, September 2024, 103106

Déroulement de la thèse :

Le doctorant/la doctorante sera inscrit.e. au LIFAT dans l'équipe ROOT à l'Université de Tours. Des réunions hebdomadaires ou

bi-hebdomadaires seront organisées. Conformément à la réglementation de l'école doctorale, un comité de suivi individuel se réunira une fois par an pour évaluer les avancées de la thèse, le bien-être du doctorant et la qualité de l'encadrement.

Profil recherché et candidature :

Le candidat.e. doit :

- Avoir un diplôme de master / d'école d'ingénieur en informatique ou mathématiques appliquées
- Avoir des connaissances solides en algorithmique et programmation (C, C++, Python ou Java)
- Avoir de de bonnes notions en Recherche Opérationnelle.
- Avoir une bonne maîtrise de la langue anglaise

Pour postuler, vous devez candidater via la plateforme ADUM avant le 30 avril 2025 : <https://adum.fr/> et nous contacter aux adresses mails suivantes :

Ameur.soukhal@univ-tours.fr

Ammar.oulamar@loria.fr

Tifenn.rault@univ-tours.fr

Les pièces demandées sont :

- Un CV détaillé
- Vos relevés de notes de L3, M1 et M2 (ou de votre cycle ingénieur)
- Une lettre de motivation
- Des références et/ou une lettre de recommandation

OPTIMIZATION OF ELECTRIC VEHICLE CHARGING AND INFRASTRUCTURE DEPLOYMENT: MODELS, STRATEGIES, AND INTELLIGENT APPROACHES

Supervisors: Pr. Ameer SOUKHAL directeur de thèse au LIFAT, Pr. Ammar OULAMARA Co-directeur de thèse au LORIA-Nancy et Dr Tifenn RAULT encadrante au LIFAT

Context:

The transition toward sustainable mobility is a major challenge in addressing climate and environmental issues. The large-scale deployment of electric vehicles (EVs) represents a promising solution to reduce greenhouse gas emissions and air pollutants. However, this shift brings with it technical and systemic challenges, particularly concerning the management of energy demand on the electrical grid.

Although EVs currently represent a limited share of the vehicle fleet, their growing number raises critical concerns regarding the grid's capacity to absorb increased energy demand, especially during peak hours. Uncoordinated charging could lead to network imbalances, increased operational costs, and a decline in overall system performance.

Moreover, the emergence of connected and automated EV fleets opens up new opportunities for implementing smart charging strategies. These strategies must not only mitigate grid impact but also consider environmental factors (e.g., reducing CO₂ and particulate emissions) and societal aspects (e.g., changing mobility behavior, public acceptance).

Objectives:

The objective of this PhD project is to develop optimization and decision-support tools for managing the electric vehicle (EV) charging ecosystem. This includes the sizing and siting of charging infrastructure and the optimization of EV charging schedules, considering vehicle usage, technical constraints of the infrastructure and grid, and vehicle-specific characteristics.

The proposed scientific approaches must consider the complexity of interactions among system stakeholders (grid operators, charging operators, EV users) and technical constraints (grid capacity, vehicle availability, energy demand prediction). Extensions may involve incorporating innovative policies such as Vehicle-to-Grid (V2G) and demand response strategies, which can help reduce environmental impact and ensure a smooth integration of EVs into the local grid.

The PhD aims to:

- Develop smart and coordinated charging strategies to minimize the impact on the grid in terms of power consumption, using power modulation. A real-time (online) approach will be favored.
- Integrate innovative policies such as Vehicle-to-Grid (V2G) and demand-side management strategies.
- Experimentally test and validate the proposed models and strategies, considering local specificities (urban and rural contexts).

Methodology:

The thesis will follow a rigorous methodological approach, including the following steps:

- Conduct a comprehensive literature review to gain familiarity with the research domain.
- **Smart charging strategies:** Develop effective solutions for EV charging management, reducing grid impact while addressing the needs of various stakeholders (grid operators, service providers, EV users), avoiding demand peaks, and optimizing the use of available energy resources. Both exact and heuristic approaches will be explored to solve multi-objective optimization problems.
- **Integration of V2G and demand-side strategies:** A detailed evaluation of the technical impacts and benefits of these policies to optimize energy demand management and the integration of EVs into the grid.
- **Model and strategy validation:** Experimental validation of the proposed models and strategies using real or simulated case studies, demonstrating their effectiveness and feasibility for smooth EV charging management.

Selected References:

1. A. Agnetis, J.C. Billaut, S. Gawiejnowicz, D. Pacciarelli, A. Soukhal. *Multiagent Scheduling: Models and Algorithms*. Springer-Verlag, 2014.
2. Richardson, D. B. (2013). *Electric vehicles and the electric grid: A review of modeling approaches, impacts, and renewable energy integration*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 19, 247–254.
3. Sovacool, B. K., & Hirsh, R. F. (2009). *Beyond batteries: An examination of the benefits and barriers to plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs) and a vehicle-to-grid (V2G) transition*. *Energy Policy*, 37(3), 1095–1103.
4. Lund, H., & Kempton, W. (2008). *Integration of renewable energy into the transport and electricity sectors through V2G*. *Energy Policy*, 36(9), 3578–3587.
5. I. Zaidi, A. Oulamara, L. Idoumghar, M. Basset: *Minimizing grid capacity in preemptive electric vehicle charging orchestration: Complexity, exact and heuristic approaches*. *European Journal of Operational Research*, 312(1): 22–37 (2024).
6. I. Zaidi, A. Oulamara, L. Idoumghar, M. Basset: *Maximizing the number of satisfied charging demands of electric vehicles on identical chargers*. *Omega*, Volume 127, September 2024, 103106.

PhD Timeline and Organization:

The PhD candidate will be enrolled at LIFAT in the ROOT team at the University of Tours. Weekly or biweekly meetings will be scheduled. In accordance with doctoral school regulations, an individual follow-up committee will meet once a year to evaluate the progress of the thesis, the candidate's well-being, and the quality of supervision.

Candidate Profile and Application:

The candidate should:

- Hold a Master's degree or engineering degree in computer science or applied mathematics.
- Have strong skills in algorithms and programming (C, C++, Python, or Java).
- Have a solid foundation in Operations Research.
- Be proficient in English.

To apply, candidates must submit their application through the ADUM platform before April 30, 2025: <https://adum.fr/> and contact us at the following email addresses:

Ameur.soukhal@univ-tours.fr

Ammar.oulamar@loria.fr

Tifenn.rault@univ-tours.fr

Required documents:

- Detailed CV
- Academic transcripts for the third-year undergraduate (L3), first-year master's (M1), and second-year master's (M2), or equivalent engineering cycle
- Motivation letter
- References and/or a recommendation letter