

## Synthèse du sujet de thèse – Projet EMOTION

### Electric fleet Management and Optimization considering Technical, Individual, and sOcial dimeNsions

Le passage d'une mobilité individuelle thermique vers une mobilité collective électrique apparaît comme un axe stratégique de l'électrification de nos usages et une véritable révolution tant le secteur de la mobilité est carboné dans le monde d'aujourd'hui. Les objectifs fixés par le gouvernement français – 90 % d'autobus urbains neufs « zéro émission » en 2030, 100 % en 2035 (MTECT, 2022) – sont ambitieux.

La gestion d'une flotte de bus électriques diffère fondamentalement de celle d'une flotte de bus thermiques, avec de nouvelles contraintes (autonomie limitée, besoins de recharge...) qui modifient le planning des véhicules et les rythmes des chauffeurs (Shyam, 2022) et doivent être prises en compte.

L'objectif de la thèse est de développer des outils d'aide à la décision fondés sur la recherche opérationnelle et la simulation afin d'optimiser la gestion des flottes de bus électriques. Le projet adopte une approche interdisciplinaire associant Sciences pour l'Ingénieur (SPI) et Sciences Humaines et Sociales (SHS), afin de concilier performance énergétique, maîtrise du vieillissement des batteries, flexibilité du réseau et qualité de vie au travail.

La littérature montre que les modèles actuels intègrent encore peu les impacts humains et organisationnels des stratégies de recharge et de planification (Sistig and Sauer, 2023). La thèse cherchera donc à intégrer explicitement les dimensions d'acceptabilité, de fatigue et d'explicabilité des outils d'optimisation (Boy, 2017 ; Bobillier Chaumon, 2018).

L'intégration du vieillissement des batteries dans la planification est un défi encore peu étudié. Ce vieillissement dépend des usages, des conditions environnementales et des profils de charge (Madani et al., 2025 ; Gasper et al., 2023). Le vieillissement peut être représenté par un coût de remplacement des batteries, impliquant un compromis entre coût de recharge et coût de renouvellement.

Dans la littérature plusieurs articles intègrent le coût de l'énergie dans les stratégies de recharge (Rasheed et al., 2020 ; He, 2023). La flexibilité est un enjeu majeur pour une meilleure gestion du réseau et des pics de consommation. Dans cette thèse, nous nous intéresserons à la flexibilité par effacement qui impacte le chargement des bus avec obligation de décaler la période de chargement, impact qui peut être différent suivant les dépôts en fonction des besoins et du nombre de chargeurs présents dans les dépôts.

Le travail du doctorant s'articulera autour des étapes suivantes :

- **Analyse du contexte et étude de terrain** : revue de littérature (SPI-SHS), observation des pratiques des chauffeurs et identification des critères d'optimisation et d'acceptabilité. Cette première étape se conclura par un cahier des charges scientifique définissant les contraintes, critères et indicateurs retenus pour la suite. Au cours de la première année le ou la doctorante sera amené à prendre en main les outils CEA et les outils classiques de développement et de modélisation.
- **Premier problème : optimisation des périodes et type de charge**. Dans cette première étape les affectations bus-trajets-chauffeurs sont fixes. Cette étape se conclura par un livrable scientifique (poster, résumé ou article) proposant un premier modèle de planification des recharges (fast-charging et smart-charging) avec simulation du vieillissement des batteries et analyse des impacts sur les plannings.

- **Deuxième problème : chauffeur comme transporteur d'énergie** : L'objectif de cette étape est l'intégration de la flexibilité opérationnelle en permettant de changer l'affectation bus-chauffeurs en cours de journée : optimisation dynamique des affectations bus-chauffeurs et prise en compte des conditions environnementales (chauffage, température). L'impact sur la charge de travail et le planning des chauffeurs sera analysée. Un livrable scientifique démontrera l'intérêt de cette flexibilité.
- **Transparence et Explicabilité** : En SPI, l'explicabilité renvoie à la transparence algorithmique, tandis qu'en SHS, elle concerne l'explicabilité d'usage : compréhension par les chauffeurs, impacts perçus, transformations du travail sur les usages, les acteurs et les implications sociales. Cette analyse sera menée par un stagiaire de master. Le doctorant sera amené à travailler avec ce stagiaire et pourra s'il le souhaite participer à l'encadrement.
- **Troisième problème : optimisation de la consommation et flexibilité par effacement** : intégration des coûts énergétiques, des stratégies d'effacement et des coûts liés au vieillissement des batteries. Un ou plusieurs dépôts aux configurations de chargeurs variées (nombre, type) seront considérés. Cette étape aboutira à un livrable scientifique centré sur l'optimisation de la consommation d'énergie.
- **Quatrième problème : changement de ligne et acceptabilité** : Cette étape portera sur l'extension la plus impactante pour les chauffeurs : permettre le changement d'affectation chauffeur-ligne en cours de journée. Cette étape vise à proposer des modèles performants opérationnellement et soutenables socialement.

Le doctorant sera amené à développer des modèles mathématiques, conduire des simulations avec les outils du CEA (GAMS, Matlab/Simulink, SPIDER), réaliser des analyses terrain et produire plusieurs livrables scientifiques (conférences et revues). La rédaction du manuscrit sera anticipée afin que la thèse soit soutenue dans les délais attendus (3 ans).

Cette thèse se situe à l'interface entre optimisation, transition énergétique et facteurs humains. Elle contribuera à proposer des méthodes pour optimiser la performance des flottes de bus électriques, tout en respectant les conditions de travail des chauffeurs et en minimisant les impacts environnementaux indirects.

Le ou la doctorant(e) sera rattaché(e) au laboratoire de G-SCOP (Grenoble), il ou elle sera amené(e) à faire un ou plusieurs séjours au CEA sur le site du Bourget du lac, il ou elle participera également à des réunions et séminaires du LIG (Grenoble).

## Références :

- Bobillier Chaumon, M.-E. (2018). L'expérience utilisateur dans l'appropriation des technologies : Quelles approches possibles ? *Psychologie du Travail et des Organisations*, 24(4), 309-312. <https://doi.org/10.1016/j.pto.2018.09.001>
- Boy, G. A. (2017). Human-centered design of complex systems: An experience-based approach. *Design Science*, 3, e8. <https://doi.org/10.1017/dsj.2017.8>
- Gasper, P., Saxon, A., Shi, Y., Endler, E., Smith, K., & Thakkar, F. M. (2023). Degradation and modeling of large-format commercial lithium-ion cells as a function of chemistry, design, and aging conditions. *Journal of Energy Storage*, 73, 109042.
- He, J., Yan, N., Zhang, J., Wang, T., Chen, Y. Y., Tang, T. Q. (2023). Battery electricity bus charging schedule considering bus journey's energy consumption estimation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 115, 103587.
- Liu, X., Qu, X., Ma, X. (2021). Optimizing electric bus charging infrastructure considering power matching and seasonality. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 100, 103057.

Madani S. S., Shabeer Y., Allard F., Fowler M., Ziebert C., Wang Z., Panchal S., Chaoui H., Mekhilef S., Dou S.H., See K., Khalilpour K. (2025). A comprehensive review on lithium-ion battery lifetime prediction and aging mechanism analysis. *Batteries*, 11(4), 127.

MTECT (Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires), MTE (Ministère de la Transition Energétique) 2022, Développer l'automobile propre et les voitures électriques, <https://www.ecologie.gouv.fr/developper-lautomobile-propre-et-voitures-electriques>

Poupon, L., Philipps-Bertin, C., Bobillier Chaumon, M.E., Kalampalikis, N. (2017). L'acceptation de la voiture électrique : un agent transformateur des pratiques socio-domestiques. *Activités*, 14(14-2).

Rasheed, M. B., Awais, M., Alquthami, T., Khan, I. (2020). An optimal scheduling and distributed pricing mechanism for multi-region electric vehicle charging in smart grid. *IEEE Access*, 8, 40298-40312.

Shyam S.G. Perumal, Richard M. Lusby, Jesper Larsen, Electric bus planning & scheduling: A review of related problems and methodologies, *European Journal of Operational Research*, 301(2), 2022, 395-413.

Sistig, H. M., Sinhuber, P., Rogge, M., Sauer, D. U. (2025). Evaluating costs and operations of public bus fleet electrification. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 2(1), 15.

Sistig, H. M., Sauer, D. U. (2023). Metaheuristic for the integrated electric vehicle and crew scheduling problem. *Applied Energy*, 339, 120915.

Wang, G., Fang, Z., Xie, X., Wang, S., Sun, H., Zhang, F., Liu Y., Zhang, D. (2020), Pricing-aware real-time charging scheduling and charging station expansion for large-scale electric buses. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)*, 12(1), 1-26.

### **Encadrement et contact :**

Directeur de thèse : Marie-Laure Espinouse : [marie-laure.espinouse@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:marie-laure.espinouse@univ-grenoble-alpes.fr)

Co-encadrants :

Hugo Joudrier-Faure, Ingénieur Chercheur, CEA, LITEN/DTS/SIRE/LIRE ; [Hugo.JOUDRIER@cea.fr](mailto:Hugo.JOUDRIER@cea.fr)

Margaux Nattaf, MCF, INP, G-SCOP, GROG : [margaux.nattaf@grenoble-inp.fr](mailto:margaux.nattaf@grenoble-inp.fr)

Aurélié Landry, MCF, UGA, LIG, MARVIN : [aurelie.landry@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:aurelie.landry@univ-grenoble-alpes.fr)

### **Ecole doctorale : I-MEP2**

### **Pour candidater :**

[https://adum.fr/as/ed/voirproposition.pl?langue=&site=edimep2&matricule\\_prop=75326](https://adum.fr/as/ed/voirproposition.pl?langue=&site=edimep2&matricule_prop=75326)