



Proposition de stage de fin d'études - 1er semestre 2023

“Vehicule-to-grid optimization”

Contexte :

Dans le cadre de la transition énergétique, l'essor des véhicules électriques représente un levier de flexibilité important en vue de lisser les pics de consommation électrique et ainsi réduire nos émissions de CO₂. En effet, d'une part la charge des véhicules peut être planifiée de manière intelligente (“smart charging”) au moment où la consommation électrique est la plus faible. D'autre part, les batteries des véhicules électriques représentent des stocks d'énergie mobilisables pour rendre des services au réseau électrique, notamment via la réinjection de puissance aux heures de pointes de consommation (“vehicule-to-grid”).

Cela conduit à l'introduction de nouveaux problèmes d'optimisation combinatoire. De manière générale, le problème consiste à décider des recharges à coût minimum d'une flotte de véhicules électriques sur un même site géographique, sous contraintes de besoins en énergie et de puissances minimales et maximales de recharge pour chaque véhicule, et de contraintes de puissance maximale à l'échelle du site. D'autres contraintes pourront spécifier les services rendus au réseau par la flotte de véhicules, comme la fourniture de puissance ou de réserves de puissance.

Ce type de problème se pose de manière récurrente au sein des différentes filiales d'EDF liées à la mobilité électrique. Il peut concerner des flottes de bus électriques appartenant à un opérateur de transport en commun, une flotte de véhicules électriques à l'échelle d'un quartier, ou une flotte de véhicules d'entreprise, éventuellement autonomes. Actuellement, les outils opérationnels utilisent des solveurs de Programmation Linéaire en Nombres Entiers (PLNE) pour résoudre ce type de problèmes. Les instances actuelles étant de taille moyenne, un besoin de passer à l'échelle sur des instances de très grande taille (10 000 à 100 000 véhicules sur un horizon de temps de 24h discrétisé en pas de temps de 15 minutes) a été identifié.

Plusieurs travaux dans la littérature traitent de problèmes similaires [1, 2, 3]. Ces travaux sont principalement publiés dans des revues et conférences spécialisées (e.g. *IEEE Transactions on Smart Grid*) et portent principalement sur la modélisation des problèmes considérés, et la résolution est généralement faite via un solveur commercial en “boîte noire”. A notre connaissance, il n'existe pas de travaux portant sur le développement de méthodes exactes efficaces pour un passage à l'échelle et pour améliorer le temps de résolution de ces problèmes.

Objectifs du stage :

En fonction du profil et des aspirations du candidat, le stage pourra être orienté sur des aspects plus mathématiques :

- Etude de la structure de différents sous-problèmes, par exemple sous-problèmes à un seul véhicule avec un sous-ensemble choisi de contraintes actives. Par exemple, il pourra être intéressant d'identifier quels sous-problèmes peuvent être résolus par un algorithme de flot à coût minimum. Il serait également intéressant d'identifier quels sous-problèmes peuvent être modélisés par un programme linéaire (sans variables binaires) via une formulation bien choisie des contraintes.

- S'appuyer sur les résultats précédents pour proposer des décompositions adaptées au problème (par exemple, génération de colonnes).

et / ou sur des aspects plus informatiques :

- Proposition et implémentation d'un générateur d'instances avec différentes caractéristiques réalistes
- Expérimentations numériques sur différents lots d'instances afin d'identifier empiriquement des propriétés sur les solutions, en fonction des caractéristiques des instances

Conditions matérielles :

Ce stage est réalisé dans le cadre d'un projet PGM0 en collaboration entre EDF R&D (département OSIRIS, Paris Saclay), Mines Saint-Etienne (Gardanne), et le LAAS-CNRS (Toulouse).

| | |
|--------------------------|--|
| Employeur : | Mines Saint-Etienne |
| Lieu du stage : | Campus de Gardanne des Mines de Saint-Etienne, ou locaux d'EDF R&D à Saclay (lieu à discuter en fonction des souhaits du candidat) |
| Durée : | 5-6 mois entre janvier et octobre 2023 |
| Rémunération : | Gratification stage |
| Connaissances requises : | Deuxième année de Master Recherche ou troisième année d'école d'ingénieur (BAC+5) ou césure |
| Profil : | Mathématiques appliquées, Informatique, Optimisation combinatoire, RO |
| Informatique : | C ou C++ ou Python |

Encadrement :

| | | |
|-----------------------|----------------------------|-----------------------|
| Nabil Absi | (Mines de Saint Etienne) | absi@emse.fr |
| Sandra Ulrich Ngueveu | (LAAS-CNRS / Toulouse INP) | ngueveu@laas.fr |
| Raphaël Payen | (EDF R&D) | raphael.payen@edf.fr |
| Cécile Rottner | (EDF R&D) | cecile.rottner@edf.fr |

Références

- [1] S. Han, S. Han, and K. Sezaki. Development of an optimal vehicle-to-grid aggregator for frequency regulation. *IEEE Transactions on smart grid*, 1(1) :65–72, 2010.
- [2] E. Sortomme and M. A. El-Sharkawi. Optimal scheduling of vehicle-to-grid energy and ancillary services. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 3(1) :351–359, 2011.
- [3] S. Vandael, T. Holvoet, G. Deconinck, S. Kamboj, and W. Kempton. A comparison of two giv mechanisms for providing ancillary services at the university of delaware. In *2013 IEEE international conference on smart grid communications (SmartGridComm)*, pages 211–216. IEEE, 2013.