

Proposition de sujet de thèse

Titre de la thèse

Gestion et dimensionnement d'un micro-réseau accueillant plusieurs véhicules électrifiés avec prise en compte des incertitudes

Mots clés

Micro-réseau, véhicule électrifié, dimensionnement/gestion, programmation linéaire

Laboratoire d'accueil

EMob-Lab, Université Gustave Eiffel, 25 avenue François Mitterrand, 69500 Bron

Contexte scientifique

Les impacts environnementaux des activités humaines imposent des pratiques plus durables, notamment dans les domaines de la mobilité et de la production d'énergie. Dans ce contexte, l'électrification des véhicules et la production d'énergie renouvelable intermittente et décentralisée ne cessent de progresser. L'apparition de micro-réseaux électriques composés de panneaux photovoltaïques, d'éoliennes et de systèmes de stockage (batteries stationnaires ou batteries de véhicule) amène de nouveaux questionnements sur le dimensionnement et la gestion de ces systèmes. Par ailleurs, des technologies de type Véhicule-to-Grid sont en cours de développement et permettent d'utiliser les batteries des véhicules en soutien des réseaux électriques.

État de l'art

De nombreux travaux proposent de dimensionner de façon optimale les composants de ces micro-réseaux en insérant des lois de gestion optimale de l'énergie tenant compte de prévisions sur la production d'énergie et la consommation. Une grande majorité de ces travaux ne prend en compte qu'un système de stockage et n'intègre pas les incertitudes sur la production et la consommation d'énergie. Diverses méthodes de gestion de l'énergie peuvent être utilisées dans ce cas : programmation dynamique, commande optimale, optimisation par méthodes de gradients ou métaheuristiques, qui ne nécessitent pas de linéariser le problème. Dans le cas où les équations du problème sont linéarisables, la programmation linéaire est très souvent utilisée (MILP : Mixed-Integer Linear Programming) [1]. Si une flotte de plusieurs véhicules est considérée avec plusieurs contraintes sur leur recharge, le problème d'optimisation devient difficile à modéliser et résoudre sans le recours à MILP comme dans [2] ou dans [3]. Cependant, ces travaux n'incluent pas dans leurs modèles le vieillissement des batteries et se limitent à des objectifs économiques.

Méthodes et Verrous scientifiques

Ce sujet propose de répondre à plusieurs verrous scientifiques.

- Il s'agira de considérer un micro-réseau (PV, batterie, ...) comportant plusieurs systèmes de stockage, dont une batterie stationnaire et différents types de véhicules (voiture, bus, camion) dont la présence devra être déterminée au préalable.
- Les méthodes de Gestion de l'énergie de type commande optimale devenant trop compliquées à mettre en œuvre avec plusieurs éléments de stockage, la programmation linéaire (LP) ou programmation linéaire mixte (MLP) sera développée en utilisant les modèles de composants de la bibliothèque VEHLIB du laboratoire.
- Le vieillissement des composants et notamment des batteries sera intégré au dimensionnement, une étape de linéarisation de modèle (vieillissement notamment) sera donc un préalable
- La linéarisation de ces modèles se fera en passant par des fonctions linéaires par paliers. Afin de capturer les nuances de ces fonctions, il faudra une discrétisation temporelle variable. Dans ce cas, des formulations linéaires en nombres entiers mixtes seront proposées.
- La prise en compte des incertitudes (production/consommation d'énergie, présence des véhicules, quantité d'énergie dans les batteries des véhicules) sera également un point centrale de cette thèse [4].

- Dans un souci de passage à l'échelle, et de prise en compte de scénarios stochastiques, des approches de décomposition par génération de colonnes[5], Bender' [6] ou des approches pour de l'optimisation sous incertitudes : optimisation stochastique, e.g. L-shaped [7], optimisation robuste par scenarios [8]...

Les travaux actuellement en cours au laboratoire EMob-Lab permettront d'avoir une première base solide de modèles et de méthodes d'optimisation pour des microréseaux possédant un élément de stockage stationnaire. Il faudra étendre ces méthodes et en développer de nouvelles dans le cas de plusieurs éléments de stockage dont certains peuvent être mobiles.

Par ailleurs, le démonstrateur de Transpolis (en cours de développement) sera composé de panneaux solaires, d'un bâtiment consommateur, d'un stockage par batterie et de plusieurs bornes de recharge, bidirectionnelles ou non de différentes puissances (11 kW jusqu'à 150 kW). Cela permettra de récupérer toutes les données utiles au développement d'un cas d'étude, mais aussi de "rediscuter" du dimensionnement si nécessaire et d'appliquer des méthodes de gestion du système en temps réel.

Planning

- M1 à M6** État de l'art et formation.
- M7 à M12** Développement des modèles (linéarisation) et des méthodes (LP MLP)
- M13 à M24** Prise en compte des incertitudes
- M25 à M30** Analyse de résultats et application sur cas d'étude (Tranpolis)
- M31 à M36** Rédaction du manuscrit.

Discipline et profil du candidat

Le ou la candidat(e) sera issu d'un Master ou d'une école d'ingénieurs et devra avoir soit des bases solides en génie électrique soit de bonnes connaissances sur la programmation et les méthodes d'optimisation.

Équipe d'encadrement

- Directeur** : Emmanuel VINOT, Chargé de Recherche HDR emmanuel.vinot@univ-eiffel.fr
- Co-encadrant** : Fayçal Touzout, Chargé de Recherche faycal.touzout@univ-eiffel.fr
- Co-encadrant** : Bilal KABALAN, Chargé de Recherche bilal.kabalan@univ-eiffel.fr

Références

- [1] F. A. Kassab, B. Celik, F. Locment, M. Sechilariu, S. Liaquat, and T. M. Hansen, "Optimal sizing and energy management of a microgrid : A joint milp approach for minimization of energy cost and carbon emission," *Renewable Energy*, vol. 224, p. 120186, 2024.
- [2] N. Bodenschatz, M. Eider, and A. Berl, "Mixed-integer-linear-programming model for the charging scheduling of electric vehicle fleets," in *2020 10th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*, pp. 741–746, IEEE, 2020.
- [3] A. J. Šolić, D. Jakus, J. Vasilj, and D. Jolevski, "Electric vehicle charging station power supply optimization with v2x capabilities based on mixed-integer linear programming," *Sustainability*, vol. 15, no. 22, p. 16073, 2023.
- [4] H. Radet, *Methodes de conception intégrée pour des systèmes multi-énergies sous incertitudes*. Theses, Institut National Polytechnique de Toulouse - INPT, Mar. 2022.
- [5] G. Desaulniers, J. Desrosiers, and M. M. Solomon, *Column generation*, vol. 5. Springer Science & Business Media, 2006.
- [6] R. Rahmaniani, T. G. Crainic, M. Gendreau, and W. Rei, "The benders decomposition algorithm : A literature review," *European Journal of Operational Research*, vol. 259, no. 3, pp. 801–817, 2017.
- [7] G. Laporte and F. V. Louveaux, "The integer l-shaped method for stochastic integer programs with complete recourse," *Operations research letters*, vol. 13, no. 3, pp. 133–142, 1993.
- [8] D. Bertsimas and M. Sim, "The price of robustness," *Operations research*, vol. 52, no. 1, pp. 35–53, 2004.