

## ***Proposition de stage de fin d'études suivi d'une thèse***

### **« Décompositions et faisabilité pour les systèmes électriques insulaires de demain »**

#### *Contexte*

Les systèmes électriques insulaires (SEI) dont EDF a la responsabilité (La Réunion, Corse, Guadeloupe, Martinique et Guyane principalement) présentent plusieurs spécificités par rapport aux grands systèmes continentaux :

- Le parc de production d'électricité a un coût d'opération plus élevé que sur la métropole continentale ;
- Le système électrique est, du fait de sa petite taille, intrinsèquement plus fragile que les grands systèmes interconnectés.
- Le taux de pénétration des énergies renouvelables intermittentes (photovoltaïque et éolien) y est élevé, et voué à continuer d'augmenter ;

Par ailleurs ces systèmes connaissent une mutation rapide accompagnant leur transition énergétique.

EDF dispose de deux outils d'optimisation, un utilisé à un horizon court-terme (CT) et l'autre à un horizon moyen et long terme (MT-LT). Ces outils modélisent bien le fonctionnement du système électrique actuel et les aléas auxquels il est soumis et permettent de prendre en compte certaines règles de gestion émergentes, comme le respect de la tenue de la fréquence via une contrainte dite d'inertie pour le placement de la production. Ces outils ont été déployés en fin d'année 2020.

OLIVE est le cœur de calcul, commun aux deux outils, qui permet d'optimiser à horizon journalier le placement de la production des parcs insulaires, de manière à satisfaire la demande en puissance électrique, tout en respectant les contraintes de fonctionnement des unités de production (temps minimum de marche et d'arrêt, minima techniques de fonctionnements...).

OLIVE est intégré à l'outil POPEI qui réalise l'optimisation court-terme la veille pour le lendemain dans les systèmes insulaires. Il est également intégré à l'outil OASYS, l'outil de gestion MT-LT, qui implémente une approche de programmation dynamique stochastique au sein duquel OLIVE est appelé à chaque transition.

Le problème résolu par OLIVE s'apparente au Unit Commitment Problem (UCP) [1], problème classique de la littérature. Toutefois, en raison des spécificités des systèmes insulaires, les instances à résoudre présentent des particularités qui accroissent la difficulté du problème, comme des contraintes d'inertie ou de réseau, qui couplent davantage les différentes unités de production entre elles.

Des précédents travaux ont permis d'obtenir une première maquette, basée sur une librairie C++ open-source de génération de colonnes [2,7], implémentant une génération de colonnes stabilisée, ainsi que des heuristiques d'exploration arborescentes [4], pour une version allégée du problème de l'UCP insulaire. Les résultats obtenus lors de ces stages ont ouvert plusieurs perspectives [3,6] qu'on se propose de traiter dans cette offre de stage + thèse.

Par ailleurs, on s'intéresse aux évolutions futures des systèmes insulaires : avec la part croissante prise par les énergies renouvelables (dont le coût de production est nul), la gestion classique des moyens de production en activant en priorité les moins chers perd du sens, et il devient nécessaire d'établir une nouvelle stratégie de gestion des actifs au long terme pour continuer de répondre à la demande efficacement.

#### *Axes du stage*

##### **Analyse du problème de gestion de production de demain**

Comme mentionné précédemment, les systèmes électriques insulaires vont connaître une évolution avec de moins en moins d'unités thermiques, et de plus en plus d'énergies renouvelables, de la production hydro-électrique et des batteries. Une des questions majeures pour ces systèmes insulaires est de pouvoir répondre aux fluctuations de la demande au quotidien, et la gestion de la production énergétique sera ainsi à repenser avec des unités de production sans coût de production.

Un premier travail sera d'analyser les évolutions futures de ces systèmes, pour établir des modèles pour le problème UCP journalier dans les systèmes insulaires de demain.

##### **Approches théoriques du problème de faisabilité**

Pour un problème d'optimisation combinatoire, on nomme faisable une instance pour laquelle le problème admet une solution. L'objectif principal de ce stage est d'étudier les instances non-faisables pour les systèmes électriques insulaires, afin d'en décrire leurs caractéristiques et prévoir leur fréquence d'apparition. Cette caractérisation de la faisabilité



permettra de mettre en évidence les zones critiques du système de production et de cibler les difficultés réelles du problème de production des systèmes électriques insulaires. Une deuxième question sera de voir comment rendre faisables un ensemble d'instances infaisables à moindre coût d'évolution du système : cette question théorique sera confrontée aux méthodes de résolution du problème à horizon moyen/long-terme avec en perspective la transition du système de production.

### Approches algorithmiques du problème de faisabilité

Les méthodes de résolution de l'UCP court-terme se basent essentiellement sur des techniques de décomposition [5] (Relaxation Lagrangienne ou Dantzig-Wolfe), et on s'intéressera donc au problème de faisabilité à travers le prisme de ces méthodes de décomposition. Il est à noter que la notion de faisabilité apparaît naturellement au sein de ces méthodes pour les démarriages à froid de la décomposition [8].

Par ailleurs, les méthodes de résolution de l'UCP moyen et long terme se basent sur des approches de types programmation dynamique stochastique, où l'horizon de temps pluri-annuel est découpé en petites périodes de quelques jours. Dans ce cadre, on obtient dans cette programmation dynamique stochastique des sous-problèmes de transition qui sont des UCP court-terme, dont on utilise la valeur optimale pour calculer les valeurs de Bellman. Ces méthodes utilisées actuellement seront donc à repenser pour les systèmes futurs, où ces sous-problèmes UCP ne renverront plus un coût mais une réponse de faisabilité.

Le stage donnera lieu à la rédaction d'une note ainsi qu'à des présentations, à SEI et à la R&D. Le stage débouchera sur une thèse CIFRE, en co-encadrement avec le Laboratoire d'Informatique de Paris Nord (LIPN)

### Conditions matérielles

**Lieu du stage :** EDF Lab Paris-Saclay (7, Boulevard Gaspard Monge ; 91120 Palaiseau), éventuellement avec des déplacements ponctuels au LIPN.

Le site est accessible par transports en commun ainsi qu'en navette privée au départ de Porte d'Orléans.

**Durée :** 6 mois.

**Rémunération :** Environ 1400 euros / mois

### Profil du stagiaire

**Domaines de compétence :** Ecole d'ingénieur ou master recherche, niveau master

**Profil :** recherche opérationnelle, développement informatique

Candidature (lettre de motivation et CV) à adresser de préférence directement aux encadrants.

**Alex Fauduet (EDF R&D), Pierre Fouilhoux (LIPN), Cécile Rottner (EDF R&D)**

[Alex.fauduet@edf.fr](mailto:Alex.fauduet@edf.fr); [pierre.fouilhoux@lipn.univ-paris13.fr](mailto:pierre.fouilhoux@lipn.univ-paris13.fr); [cecile.rotner@edf.fr](mailto:cecile.rotner@edf.fr)

### Références

- [1] van Ackooij, W., Lopez, I. D., Frangioni, A., Lacalandra, F., & Tahanan, M. (2018). Large-scale unit commitment under uncertainty: an updated literature survey. *Annals of Operations Research*, 271(1), 11-85.
- [2] Vanderbeck, F. (2005). Implementing mixed integer column generation. In *Column generation* (pp. 331-358). Springer, Boston, MA.
- [3] Guignard, M., & Kim, S. (1987). Lagrangean decomposition: A model yielding stronger Lagrangean bounds. *Mathematical programming*, 39(2), 215-228.
- [4] Sadykov, R., Vanderbeck, F., Pessoa, A., Tahiri, I., & Uchoa, E. (2019). Primal heuristics for branch and price: The assets of diving methods. *INFORMS Journal on Computing*, 31(2), 251-267.
- [5] Dubost, L., Gonzalez, R., & Lemaréchal, C. (2005). A primal-proximal heuristic applied to the French Unit-commitment problem. *Mathematical programming*, 104(1), 129-151.
- [6] Valério de Carvalho, J. M. (2005). Using extra dual cuts to accelerate column generation. *INFORMS Journal on Computing*, 17(2), 175-182.
- [7] <https://github.com/fontanf/columngenerationsolver>



[8] Lübecke, M. E. (2010). Column generation. Wiley encyclopedia of operations research and management science, 17, 18-19.