



## Proposition de stage de Fin d'étude - 1er semestre 2021

### “Synchronisation des tournées de techniciens”

#### Contexte :

Lorsque plusieurs techniciens doivent intervenir dans le même créneau horaire chez un même client, les tournées de chacun des techniciens doivent être synchronisées. Ce problème se rencontre en pratique quand plusieurs techniciens EDF doivent intervenir en même temps car des qualifications spécifiques sont nécessaires pour réaliser une opération planifiée.

Ce problème peut être vu comme le classique problème de tournées de véhicules (Capacity Vehicle Routing Problem (CVRP)) avec des fenêtres de temps et des contraintes de synchronisation.

Face à ce sujet de Recherche Opérationnelle, plusieurs approches sont possibles dans l'objectif de déterminer des solutions de bonne qualité permettant de gérer les différentes combinatoires : tournées, synchronisation, spécificités des intervenants ; et des différents critères : temps et longueur des tournées, nombre de synchronisations, temps d'attente entre les interventions. Par ailleurs, plusieurs méthodes de résolution sont à envisager entre méthodes heuristiques et méthodes exactes. Il est également intéressant de ne pas négliger la présence d'aléas de temps ou de disponibilité pouvant intervenir lors des interventions. Intégrer des incertitudes dans la formulation d'un problème de tournées robuste est également un aspect du problème considéré.

#### Objectifs du stage :

L'objectif de ce stage est d'étudier les aspects combinatoires du problème. Le stage portera principalement sur les aspects suivants :

- Prendre part aux aspects modélisation du problème RO posé. L'idée est de commencer par une bonne compréhension des attentes d'un point de vue opérationnel pour proposer une modélisation adaptée du problème.
- Considérer la littérature de la synchronisation d'horaires dans les tournées de véhicules [2] et de transport public [3]. Plusieurs définitions et techniques de modélisation peuvent être rencontrées dans la littérature à ce propos. Ces travaux rejoignent également ceux portant sur les tournées de techniciens possédant des compétences spécifiques [1].
- Proposer des formulations exactes utilisant la programmation linéaire en nombres entiers (PLNE) pour le problème, les comparer théoriquement et expérimentalement. Suivant le cadre de ces formulations, certaines pouvant posséder un nombre exponentiel d'inégalités ou de variables, des méthodes algorithmiques seront proposées (Branch&Cut ou Branch&and&Price).
- Proposer en complément des formulations PLNE exactes des méthodes heuristiques de façon à produire des solutions efficaces en analysant leur qualité : méthodes d'arrondi, métaheuristique ou Cut&Price.
- Etudier les aspects polyédraux de la formulation exacte, une fois celle-ci déterminée avec sa méthode de résolution. Dans le cas d'algorithme de génération de colonnes, des inégalités de renforcement peuvent également intervenir.

- En fonction de l'avancement du stage et des résultats obtenus, aborder la prise en compte d'incertitudes sur le temps et la disponibilité pour proposer une formulation robuste pour le problème.

Le sujet de ce stage s'inscrit dans le projet PGMO<sup>1</sup> intitulé "Synchronizing technician tours" rassemblant des chercheurs de EDF R&D et de deux laboratoires d'informatiques le LIP6<sup>2</sup> et le LIPN<sup>3</sup>. Suite à ce stage, une poursuite en thèse n'est pas prévue dans le cadre du projet PGMO. Toutefois, plusieurs acteurs industriels et universitaires étant impliqués dans ce stage, ils peuvent être amenés à proposer une suite en thèse sur ce sujet ou un sujet proche.

### Conditions matérielles :

Ce stage est réalisé dans le cadre d'un projet PGMO en collaboration entre EDF Lab Département OSIRIS et le laboratoire LIP6 Equipe RO.

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Employeur :              | Laboratoire LIP6 dans le cadre d'une convention de stage académique       |
| Lieu du stage :          | LIP6, 4 place Jussieu, 75005 Paris  |
|                          | Ce site est accessible par transports en commun.                          |
| Durée :                  | 5-6 mois entre février et septembre 2021                                  |
| Rémunération :           | Gratification stage   |
| Connaissances requises : | Deuxième année de Master Recherche ou troisième année d'école d'ingénieur |
| Profil :                 | Mathématiques appliquées, Informatique, Optimisation combinatoire, RO     |
| Informatique :           | Programmation orientée objet, C++   |

### Encadrement :

|                  |                             |                          |
|------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Pascale Bendotti | (EDF, membre associé LIP6)  | pascale.bendotti@lip6.fr |
| Pierre Fouilhoux | (LIPN, Sorbonne Paris Nord) | pierre.fouilhoux@lipn.fr |
| Thomas Triboulet | (EDF)                       | thomas.triboulet@edf.fr  |

## Références

- [1] P. Cappanera, L. Gouveia, M.G. Scutellà. The Skill Vehicle Routing Problem. INOC 2011. Lecture Notes in Computer Science, vol 6701. (2011)
- [2] M. Drexler. Synchronization in Vehicle Routing : A Survey of VRPs with Multiple Synchronization Constraints. Transportation Science, 46(297-316), 2012.
- [3] P. Fouilhoux, O. Ibarra-Rojas, S. Kedad-Sidhoum and Y. A. Rios-Solis. Valid Inequalities for the Synchronization Bus Timetabling Problem. European Journal of Operational Research (EJOR) 251(442-450) 2016.

---

1. Gaspard Monge Program for Optimization, operations research, and their interactions with data science  
 2. Laboratoire d'informatique de Sorbonne Université  
 3. laboratoire d'informatique de Sorbonne Paris Nord