



Proposition de stage de Fin d'étude - 1er semestre 2022

“Synchronisation des tournées de techniciens : produire des solutions à partir de formulations entières compactes et par génération de colonnes”

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 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, de contraintes de compétences [2]. et des contraintes de synchronisation [3, 4].

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 hiérarchiques : maximiser le nombre d'interventions en fonction de la priorité des interventions et minimiser la longueur des tournées. Il est également intéressant de prendre en compte des aléas de temps ou de disponibilité pouvant intervenir lors des interventions, en intégrant des incertitudes dans la formulation d'un tel problème de tournées.

Pour répondre à ce problème, plusieurs méthodes de résolution sont à envisager entre méthodes heuristiques et méthodes exactes.

Objectifs du stage :

De premiers travaux réalisés sur ce problème [6] ont établi une modélisation précise du problème, utilisant un graphe représentant la structure combinatoire des instances, permettant une analyse fine des instances réalistes à étudier. Une formulation compacte a été également proposée permettant de résoudre exactement des instances de tailles réduites.

L'objectif de ce stage 2022 est d'approfondir cette étude par l'utilisation de plusieurs formulations entières. Le stage portera ainsi principalement sur les aspects suivants :

- Utiliser la formulation entière compacte existante pour proposer des solutions approchées. Ces solutions peuvent être issues d'heuristiques primales ou de techniques de décimation de l'instances en tenant compte d'une analyse statistique. Ces formulations peuvent être renforcées par des inégalités valides dans le but d'obtenir des bornes encadrant la solution optimale. Une autre piste est d'ajouter les variables par une génération de colonnes de type “sparse graph techniques” [5] dans ce contexte d'un nombre polynomial de variables.
- Etudier les formulations entières possibles utilisant un nombre exponentiel de variables associées aux tournées de techniciens [1]. La relaxation de ces formulations (dite relaxation de Dantzig-Wolfe) est en général une borne intéressante pour ces problèmes. D'autre part des solutions heuristiques peuvent être obtenues à partir des solutions non entières obtenues. Il est également

possible de prolonger cette méthode par un branchement (algorithme de Branch&Price). Des inégalités de renforcement peuvent également intervenir dans ces formulations. Une mise en œuvre informatique sera proposée avec le framework VRPSolver [7].

- Un des objectifs expérimentaux de ce stage est de comparer les solutions heuristiques et les bornes obtenues par les deux méthodes précédentes. D'autre part, la construction d'heuristiques accélère les méthodes de branchement lors de la résolution exacte.

Le sujet de ce stage s'inscrit dans le projet PGMO¹ intitulé "Synchronizing technician tours" rassemblant des chercheurs de EDF R&D et de deux laboratoires d'informatiques le LIP6² et le LIPN³. 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 2022
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] R. Baldacci, N. Christofides, A. Mingozzi. An exact algorithm for the vehicle routing problem based on the set partitioning formulation with additional cuts. *Mathematical Programming* 115(351-38), 2008.
- [2] P. Cappanera, L. Gouveia, M.G. Scutellà. The Skill Vehicle Routing Problem. *INOC 2011. Lecture Notes in Computer Science*, vol 6701. (2011)
- [3] M. Drexel. Synchronization in Vehicle Routing : A Survey of VRPs with Multiple Synchronization Constraints. *Transportation Science*, 46(297-316), 2012.
- [4] 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.
- [5] C. Gutwenger C, M. Jünger, G. Rinaldi G. Branch-and-Cut Algorithms for Combinatorial Optimization and Their Implementation in ABACUS. *Lecture Notes in Computer Science*, vol 2241. (2001).
- [6] Nicolas Schlegel. Synchronisation des tournées de techniciens. (rapport de stage de fin d'étude) (2021).
- [7] VRPSolver <https://vrpsolver.math.u-bordeaux.fr>

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