

# Recherche Monte-Carlo pour le problème de tournées de véhicules avec fenêtres de temps

Hyoseok Kim<sup>1</sup>, Thomas Triboulet<sup>1</sup>, Jean-Yves Lucas<sup>1</sup>, Tristan Cazenave<sup>2</sup>

<sup>1</sup> EDF R&D, Département OSIRIS, 7 Bd Gaspard Monge, 91120 Palaiseau, France

{hyoseok.kim, thomas.triboulet, jean-yves.lucas}@edf.fr

<sup>2</sup> Université Paris-Dauphine, LAMSADE, 75016 Paris, France

tristan.cazenave@lamsade.dauphine.fr

**Mots-clés** : *tournées de véhicules avec fenêtres de temps, recherche arborescente Monte-Carlo, logistique, Nested Rollout Policy Adaptation.*

## Introduction

Chaque année, onze millions d'interventions (dépannage, changement de compteur, diagnostics énergétiques, propositions commerciales) sont réalisées par des techniciens chez les clients d'EDF, et ce sont plus de 220 millions de kilomètres que parcourent en voiture ces techniciens pour se rendre sur les lieux de leurs interventions. Chaque intervention est réalisée par un technicien possédant les habilitations nécessaires au type d'intervention, et ce dans une fenêtre de temps fixée lors de la prise de rendez-vous. Chaque jour, ce sont de nombreux problèmes de tournées de véhicules avec fenêtre de temps (VRPTW) qui doivent être résolus pour le lendemain (un problème de tournées par zone de chalandise). Ces problèmes sont de taille importante car ils impliquent de réaliser de plusieurs dizaines à plusieurs centaines d'interventions en l'espace d'une journée, chaque intervention devant être réalisée par un et un seul technicien. Au surplus, des plages horaires doivent être respectées pour la réalisation de chaque intervention. Finalement, le but de l'optimisation est de minimiser trois critères, par ordre de priorité : (1) le nombre d'interventions non réalisées ; (2) le nombre de techniciens ; (3) la distance parcourue en véhicule par les techniciens lors de leurs déplacements.

## Méthodes précédemment testées

Depuis plusieurs années, EDF R&D a mené des études afin de déterminer quelle méthode serait la plus adaptée pour fournir les meilleures solutions possibles à ce problème de très grande taille. Ont ainsi été testées la génération de colonnes, le Branch and Cut, la programmation par contraintes (PPC), la recherche locale, les algorithmes génétiques. C'est finalement une hybridation d'un algorithme glouton (pour construire une solution initiale) et une recherche à voisinages variables (VNS) qui ont été choisis pour être implémentés dans l'outil OPTURN qui a été développé à EDF R&D en 2017.

## Méthodes de recherche arborescente par simulation de Monte-Carlo

Les méthodes de type MCTS (Monte Carlo Tree Search), datent du milieu des années 2000. Le principe de ces méthodes est une exploration partielle de l'arbre de recherche associé au problème, en

intégrant des méthodes d'apprentissage interne, cet apprentissage étant basé sur des méthodes de type bandit-manchot ou variantes, afin d'essayer de privilégier l'exploration des sous-arbres qui ont les meilleures chances de contenir de très bonnes solutions. Une variante du MCTS, appelée Nested Rollout Policy Adaptation (NRPA) a été proposée en 2011 par C. Rosin [1]. Cette variante s'est révélée très performante sur des jeux et aussi sur certains problèmes d'optimisation. Des travaux récents ([2, 3, 4]) ont en effet montré l'intérêt du NRPA pour traiter des problèmes de type voyageur de commerce ou tournées de véhicules.

## Expérimentations numériques et pistes futures

Nous avons donc implémenté l'algorithme du NRPA en langage C++ afin de tester l'efficacité de cette méthode sur deux ensembles de jeux de données, l'un issu de la bibliothèque de problème VRPTW de Solomon (18 instances), l'autre correspondant à des jeux de données réels d'EDF (6 instances). Les tests ont été menés sur une machine HP Z240 sous le système d'exploitation Linux Debian. Le NRPA utilisant une fonction aléatoire pour ses simulations, 5 exécutions différentes avec 5 graines aléatoires différentes ont été réalisées pour chaque instance (une exécution prend environ 40 mn). Les comparaisons entre l'algorithme du NRPA et les meilleures solutions connues sur les 18 instances de Solomon testées montrent que le NRPA est, en moyenne, à 7% de la meilleure solution connue, ce qui est une performance significative car c'est un même algorithme (le NRPA) avec le même paramétrage qui a été utilisé pour les tests, alors que les meilleures solutions ont été trouvées par différents auteurs avec des méthodes et/ou des paramétrages a priori différents d'une instance à l'autre. Il est intéressant d'ailleurs de noter que dans certains cas on s'approche à seulement 1 ou 2% de la meilleure solution connue, avec parfois pour les instances plus difficiles un véhicule de plus (la fonction objectif privilégie au premier ordre la minimisation du nombre de véhicules employés). Des comparaisons ont été aussi menées avec l'outil OPTURN (instances réelles pour lesquelles OPTURN a été conçu et paramétré) et cette fois le NRPA fournit des solutions meilleures qu'OPTURN en moyenne de 3% sur le coût total, et même de 21% en moyenne si l'on ne considère que la distance parcourue, hors coût des véhicules employés (même nombre de véhicules pour les deux outils). Ces résultats très prometteurs nous incitent à poursuivre les expérimentations avec le NRPA, en particulier en essayant de traiter les plus grosses instances réelles (jusque 300 interventions dans la journée), qui aujourd'hui demandent un temps prohibitif (de l'ordre de plusieurs heures) pour fournir des solutions de bonne qualité, ce qui est incompatible avec le processus opérationnel.

## Références

- [1] Christopher Rosin. IJCAI 2011, Proceedings of the 22nd International Joint Conference on Artificial Intelligence, Barcelona, Catalonia, Spain, July 16-22, 2011.
- [2] Ashraf Abdo, Stefan Edelkamp, and Michael Lawo. Nested rollout policy adaptation for optimizing vehicle selection in complex VRPs. In 2016 IEEE 41<sup>st</sup> Conference on Local Computer Networks Workshops (LCN Workshops), pages 213-221. IEEE, 2016.
- [3] Stefan Edelkamp, Max Gath, Christoph Greulich, Malte Humann, Otthein Herzog, and Michael Lawo. Monte-carlo tree search for logistics. In Commercial Transport, pages 427-440. Springer, 2016.
- [4] Stefan Edelkamp, Max Gath, Tristan Cazenave, Fabien Teytaud. Algorithm and knowledge engineering for the TSPTW problem. IEEE Symposium on Computational Intelligence in Scheduling (CISched), Apr 2013, Singapour, Singapore. pp.44 – 51.