

# Une Heuristique pour un Problème de Tournées de Véhicules avec Fenêtres de Temps et des Visites Synchronisées

Sohaib Afifi<sup>1</sup>, Duc-Cuong Dang<sup>2</sup>, Aziz Moukrim<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Technologie de Compiègne  
Laboratoire Heudiasyc, UMR 7253 CNRS, 60205 Compiègne, France  
{sohaib.afifi, aziz.moukrim}@hds.utc.fr

<sup>2</sup> University of Nottingham  
ASAP Research Group, School of Computer Science  
Jubilee Campus, Wollaton Road, Nottingham, NG8 1BB, UK  
duc-cuong.dang@nottingham.ac.uk

**Mots-clés :** *tournées de véhicules, synchronisation, recherches locales, destruction/construction.*

## 1 Introduction

Les problèmes de tournées de véhicules ou Vehicle Routing Problems (VRP) [7] sont des problèmes d'Optimisation Combinatoire très étudiés. De manière informelle, considérant une flotte de véhicules disponibles et des clients répartis géographiquement à servir, la résolution d'un problème de tournées de véhicules consiste à déterminer pour chaque véhicule quels clients il doit visiter en précisant dans quel ordre, de sorte à ce que l'activité soit traitée le plus efficacement possible.

De nombreuses variantes du problème ont été étudiées. Nous nous intéressons aux problèmes de tournées de véhicules avec des contraintes temporelles et des visites synchronisées (VRPTW-Syn). Il s'agit d'une variante du VRPTW où certains clients demandent plus d'une visite en même temps, indépendamment des véhicules. L'exemple le plus immédiat est celui des soins à domicile où certaines tâches doivent être réalisées par au moins deux assistants médicaux. Comme une extension du VRPTW, le VRPTWSyn est clairement NP-difficile.

Ce problème a été modélisé dans [3] pour une application dans des services de soins pour des personnes âgées. Labadie et al. ont proposé dans [6] un algorithme de recherche locale itérative et ont traité des instances de petites tailles. Plus de détails sur les variantes du problème et leurs applications peuvent être trouvés sur le survey de Drexler [4].

Dans ce travail, nous proposons un algorithme basé sur un schéma de Recuit Simulé (Simulated Annealing, SA) pour résoudre le VRPTWSyn. Cet algorithme intègre plusieurs techniques de recherche locale adaptées aux contraintes de synchronisation. Une version préliminaire de ce travail a été publiée dans [1]. Notre algorithme est en mesure de produire des solutions de qualité dans des temps de calcul plus courts en comparant avec les méthodes de la littérature [2, 3]. De plus, plusieurs nouvelles meilleures solutions ont été obtenues.

## 2 L'algorithme

L'algorithme suit un schéma de recuit simulé et utilise plusieurs recherches locales dédiées. L'idée principale [5] est d'accepter les solutions dégradées avec une certaine probabilité dans l'espoir d'échapper aux optima locaux et d'explorer l'espace des solutions le mieux possible. Dans notre SA-ILS, nous utilisons la destruction/construction avec priorités durant la phase de diversification. Une recherche locale avec quatre voisinages 2-opt\*, or-opt, déplacement et

échange est également intégrée à chaque fois pour intensifier la recherche. L'adaptation de ces opérateurs à la synchronisation fait appel au calcul du chemin critique et celui de la fermeture transitive.

### 3 Résultats

Nous avons testé notre méthode sur les instances introduites dans [3]. Ce benchmark comporte dix ensembles d'instances regroupées en trois catégories selon le nombre de clients. Chaque ensemble comprend cinq variantes selon la largeur de la fenêtre de temps. L'algorithme a été codé en C++ et compilé avec le GCC de GNU dans un environnement Linux. Cette configuration est comparable à l'environnement de calcul utilisé dans [2, 3]. L'algorithme est par la suite comparé avec les méthodes de la littérature ainsi qu'une méthode basée sur la programmation par contraintes que nous avons développée. Selon le protocole proposé dans [2], toutes les méthodes ont été testées avec les variantes S (petites), M (moyennes) et L (grandes) fenêtres de temps.

Notre algorithme trouve toutes les meilleures solutions connues dans des temps de calcul très courts par rapport aux autres méthodes. De plus, SA-ILS améliore strictement les solutions pour 43/90 instances.

Ces résultats sont encourageants pour l'application de l'opérateur destruction/réparation pour résoudre des problèmes de tournées de véhicules. Ils montrent également que les différentes recherches locales peuvent être efficacement adaptées à la synchronisation.

**Remerciements.** Ce travail a été partiellement supporté par le Conseil Régional de Picardie et le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER), dans le cadre du projet PRIMA.

### Références

- [1] Sohaib Afifi, Duc-Cuong Dang, and Aziz Moukrim. A simulated annealing algorithm for the vehicle routing problem with time windows and synchronization constraints. In *LION 7, Catania, Italy*, volume 7997 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 259–265. Springer, 2013.
- [2] David Bredström and Mikael Rönnqvist. A branch and price algorithm for the combined vehicle routing and scheduling problem with synchronization constraints. *NHH Dept. of Finance and Management Science Discussion Paper*, 2007.
- [3] David Bredström and Mikael Rönnqvist. Combined vehicle routing and scheduling with temporal precedence and synchronization constraints. *European Journal of Operational Research*, 191(1) :19–31, 2008.
- [4] Michael Drexler. Synchronization in vehicle routing—a survey of vrps with multiple synchronization constraints. *Transportation Science*, 46(3) :297–316, 2012.
- [5] Scott Kirkpatrick, C Daniel Gelatt, and Mario P Vecchi. Optimization by simulated annealing. *science*, 220(4598) :671–680, 1983.
- [6] Nacima Labadie, Christian Prins, and Yanyan Yang. Iterated local search for a vehicle routing problem with synchronization constraints. In *ICORES 2014 - Proceedings of the 3rd International Conference on Operations Research and Enterprise Systems, Angers, Loire Valley, France, March 6-8, 2014.*, pages 257–263, 2014.
- [7] Paolo Toth and Daniele Vigo. *The Vehicle Routing Problem*. Monographs on Discrete Mathematics and Applications. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2002.