

Un algorithme mémétique pour le problème de tournées de techniciens : Cas industriel d'un GRD

Loïc Cardinaël^{1,2}, Wahiba Ramdane Cherif-Khettaf¹, Ammar Oulamara¹

¹ Loria, UMR 7503, Université de Lorraine, Campus scientifique, 615 Rue du Jardin-Botanique, 54506 Vandœuvre-lès-Nancy

{loic.cardinael, wahiba.ramdane, ammar.oulamara}@loria.fr

² efluid SAS, 2 bis, rue Ardant du Picq, CS 10100, 57004 METZ Cedex 01

Mots-clés : *tournées de véhicules et de techniciens, compétences, algorithme mémétique.*

1 Introduction

L'une des missions des Gestionnaires de Réseaux de Distribution (ou GRD) est de traiter l'ensemble des problèmes survenant sur leur réseau. En particulier, l'installation des compteurs communicants et la résolution d'incidents chez les clients nécessitent de planifier beaucoup d'interventions, chacune ayant ses propres spécificités et contraintes. La planification de ces interventions doit prendre en compte les contraintes horaires, la compatibilité des compétences, et la disponibilité des techniciens. Dans ce contexte, le problème d'optimisation des tournées de techniciens, connu dans la littérature sous le nom de TRSP (Technician Routing and Scheduling Problem), revêt une importance cruciale. Le TRSP fait partie de la classe des problèmes de type Workforce Scheduling and Routing Problem (WSRP).

Dans cet article, nous traitons un cas concret de TRSP rencontré par l'entreprise efluid gestionnaire des réseaux de distribution d'énergie, d'eau, et de gaz. Nous proposons un algorithme mémétique exploitant une adaptation de la méthode split. Nous le comparerons à un algorithme génétique utilisant un encodage indirect. Ce dernier s'est avéré très efficace sur un cas réel de WSRP étudié dans la littérature [2], présentant des similitudes avec notre problème.

2 Définition du problème

Cet article s'intéresse donc à une variante particulière du TRSP, dans laquelle une équipe d'agents, disposant chacun de compétences, d'un ou de plusieurs intervalles de disponibilité et d'une durée maximale de travail, doit réaliser un ensemble d'interventions. Chaque intervention dispose d'une fenêtre horaire, d'une ou plusieurs compétences nécessaires et d'une localisation géographique. Le but est de réaliser le maximum d'interventions tout en minimisant la distance parcourue par les agents.

Si des problèmes similaires existent dans la littérature [2], la principale particularité de notre problème est l'hétérogénéité des agents, notamment sur les horaires de disponibilités et les compétences. Cela a notamment impliqué d'adapter les algorithmes proposés pour prendre en compte ces contraintes atypiques.

3 Approche proposée

Pour résoudre notre problème, nous avons développé un algorithme mémétique exploitant un encodage en tour géant, et une méthode split que nous avons adaptée aux contraintes de notre problème [1]. Pour faire ce "splitting" optimal, on construit un graphe auxiliaire pour

transformer le problème de découpage du tour géant en tournées en un problème de plus court chemin, que l'on résoud ensuite par des approches classiques. Seulement, dans ce graphe auxiliaire, chaque arc représente un agent réalisant un certain groupe d'interventions. Or, vu que nos agents ne sont pas identiques, emprunter un arc (faire réaliser un groupe d'interventions par un agent) peut bloquer l'usage d'autres arcs plus loin (le seul agent capable de faire les interventions est déjà pris). Par conséquent, il est nécessaire de sauter certaines interventions dans la séquence, et de procéder par génération et propagation de labels dans le graphe afin de savoir quels agents ont été employés à un moment donné et s'assurer de ne pas utiliser le même agent deux fois. Dans notre approche, la population est générée aléatoirement, les méthodes de sélection et de remplacement utilisent le tournoi binaire, le croisement utilisé est OX, et la mutation est basée sur une recherche locale de type 2-opt.

4 Comparaison et résultats

Pour évaluer notre approche, nous avons également adapté à notre problème un autre algorithme génétique issu de la littérature [2], qui s'est avéré efficace sur un problème industriel de type WRSP assez similaire à notre problème. Cet algorithme s'appuie sur un encodage particulier du gène, où plutôt que d'ordonner les interventions en grande tournée, on représente pour chaque intervention l'agent qui la réalisera. Une différence existe entre le problème de l'article [2] et le nôtre, qui est que le non-respect des contraintes horaires sur le problème présenté dans [2] n'est qu'une contrainte faible. L'adaptation en résultant fut de compléter la représentation du gène afin de forcer le placement des interventions dans le bon créneau (et donc d'obtenir une contrainte forte).

Les deux algorithmes ont été comparés sur huit instances issues du GRD réséda du système d'information de l'entreprise efuid. Les instances sont de tailles variables (75 à 192 interventions). Six variantes différentes de nos méthodes ont été implémentées afin d'évaluer l'impact de certains composants des méthodes proposées. Toutes les variantes ont été exécutées dix fois sur une durée de cinq minutes.

L'expérimentation a révélé plusieurs observations. Tout d'abord, tous les algorithmes ont obtenu de meilleurs résultats avec la recherche locale. Ensuite, notre approche mémétique, basée sur une extension de split, s'est avérée plus performante que la méthode de la littérature utilisant l'encodage indirect. Cet écart s'est accentué, en particulier sur les plus grandes instances.

5 Conclusion et perspectives

Dans cet article, nous avons adapté un algorithme mémétique utilisant le "splitting" optimal à un cas réel de type TRSP. Nous l'avons comparé à un algorithme existant lui-même adapté sur des instances industrielles d'un GRD. Notre approche utilisant une extension de split a donné de meilleurs résultats, et la recherche locale a montré un impact significatif sur les résultats. Des travaux ultérieurs viseront à améliorer la résilience de l'algorithme face aux plus grandes instances du GRD. En particulier, ils s'intéresseront à l'amélioration de la gestion et la propagation des labels.

Références

- [1] Prins, Christian. Two memetic algorithms for heterogeneous fleet vehicle routing problems. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2009.
- [2] Algethami, Haneen and Pinheiro, Rodrigo Lankaites and Landa-Silva, Dario. A genetic algorithm for a workforce scheduling and routing problem. 2016 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), 2016