

Stabilité hebdomadaire pour la collecte de déchets

Frédérique Baniel^{1,2,3}, Marie-José Huguet^{2,3}, Thierry Vidal¹

¹ LGP-ENIT ; 47 avenue d'Azereix, F-65000 Tarbes

² CNRS ; LAAS ; 7, avenue du Colonel Roche, F-31077 Toulouse, France

³ Université de Toulouse ; UPS, INSA, INP, ISAE ; LAAS ; F-31077 Toulouse, France

{fbaniel, vidal}@enit.fr, huguet@laas.fr

Mots-Clés : *tournées hebdomadaires, stabilité, collecte de déchets*

1 Position du problème

Notre travail de recherche s'intéresse à des problèmes de collecte de déchets ménagers hebdomadaires spécifique d'une collectivité locale. Il s'agit pour cette collectivité d'organiser deux fois par semaine (en début et en fin de semaine) les circuits de collecte de ses usagers. Une des spécificités majeures est que les caractéristiques de collectes (ensemble des usagers à collecter, quantité de déchets) ne sont pas identiques en début et en fin de semaine ; cependant afin de maintenir une bonne qualité de service et d'éviter de trop modifier les trajets des équipes, la collectivité souhaite établir des tournées de collecte présentant une certaine régularité entre elles. Cette caractéristique de régularité des tournées est traduite ici sous la forme d'un objectif de **stabilité** qui doit être optimisé sans pour autant perdre de vue un objectif économique lié au coût des tournées.

Chacune des tournées de début et de fin de semaine correspond à un VRPTW : il s'agit de collecter les déchets de tous les usagers concernés à l'aide d'une flotte de véhicules de capacité limitée, en partant d'un dépôt et en revenant, après vidage, à ce même dépôt tout en sachant que certains secteurs ont des plages horaires spécifiques.

Parmi l'ensemble des usagers, certains doivent être collectés une seule fois par semaine (notés c_1) et d'autres deux fois par semaine (notés c_2). De plus, lorsque des usagers sont collectés en c_2 , la quantité de déchets en début de semaine est supérieure à celle de fin de semaine. Nous allons étudier deux hypothèses : le cas où les usagers collectés en c_1 sont bien moins nombreux que ceux collectés en c_2 (qui est le cas actuel) et celui où il y a plus d'usagers à collecter en c_1 qu'en c_2 (cas envisagé par la collectivité pour le futur). Nous proposons dans ce travail des méthodes de calcul de tournées hebdomadaires adaptées à chacune de ces hypothèses.

Ainsi, le problème considéré consiste à résoudre deux problèmes de tournées reliés entre eux par un objectif de stabilité tout en intégrant un objectif de coût traduit ici par la distance totale parcourue par les véhicules. L'objectif de stabilité s'exprime selon différents axes :

- de manière globale : la stabilité se traduit alors par des écarts en nombre de véhicules, en distance ou en temps de trajet entre les tournées de début et les tournées de fin de semaine ;
- du point de vue des usagers : la stabilité est alors exprimée en termes d'écart sur les horaires de passage entre les tournées de début de semaine et celles de fin de semaine ;
- du point de vue des employés : la stabilité correspond alors à des variations en termes de circuit à réaliser (distance, temps, trajet) mais aussi à des variations sur des caractéristiques du circuit (quantité collectée, nombre de bacs, temps haut-le-pied, pénibilité, ...).

2 Méthodes proposées

Dans le cas où le nombre d'utilisateurs en c_1 est inférieur à celui en c_2 , nous avons choisi de rester dans le cadre du fonctionnement actuel de la collectivité et d'affecter tous les utilisateurs en c_1 aux collectes de début de semaine. Les méthodes proposées se basent sur une collecte initiale (début ou fin de semaine) et visent à calculer la deuxième collecte en s'appuyant sur la connaissance de la collecte initiale. Ce sont des méthodes à voisinage (heuristique et méta-heuristique) afin de limiter les perturbations entre les deux collectes. Les voisinages utilisés sont ceux classiquement employés pour le VRP comme *or-opt* [2] ou *inter-exchange* [2]. Ces méthodes exploitent également des calculs d'insertion classiques visant à minimiser le coût d'ajout d'un nouvel utilisateur dans une tournée. Les méthodes heuristiques proposées ont été conçues pour favoriser la stabilité des solutions obtenues, elles explorent un voisinage relativement restreint de solutions et se contentent de quelques modifications locales permettant d'intégrer les variations entre les collectes de début et de fin de semaine. Les méta-heuristiques se basent sur une agrégation des différentes composantes de la stabilité (globale, utilisateurs et employés) dans un unique objectif de stabilité.

Dans le cas où le nombre d'utilisateurs en c_1 est supérieur à celui en c_2 , il faut en plus affecter les utilisateurs en c_1 à l'une des collectes de début ou de fin de semaine. Pour ce cas, nous avons proposé deux méthodes heuristiques à voisinage consistant à établir dans un premier temps des tournées identiques de début et de fin de semaine ne comportant que les utilisateurs en c_2 et à y insérer par la suite les utilisateurs en c_1 . Lorsque l'insertion ne s'avère plus possible, des tournées ne comportant que des utilisateurs en c_1 sont alors constituées et placées en début de semaine. Les méthodes proposées ne diffèrent que par la manière dont est considérée l'insertion des utilisateurs dans les collectes en cours de construction.

Les méthodes proposées ont été testées sur les instances de Solomon [1] adaptées à notre contexte et ont été comparées à une méthode consistant à calculer indépendamment les collectes de début et de fin de semaine.

Dans le cas où le nombre d'utilisateurs en c_1 est inférieur à celui en c_2 , les résultats des expérimentations montrent que les méthodes heuristiques obtiennent globalement des solutions plus stables que celles obtenues avec les méta-heuristiques utilisées. En revanche, les méta-heuristiques proposées déterminent de meilleures solutions de compromis. Par ailleurs, les méthodes heuristiques basées sur une collecte initiale de début de semaine obtiennent de meilleurs résultats en termes de stabilité globale que celles basées sur une collecte initiale de fin de semaine. Le résultat s'inverse pour les autres composantes de la stabilité (utilisateurs et employés). En ce qui concerne le cas où le nombre d'utilisateurs en c_1 est supérieur à celui en c_2 , on retrouve également des distinctions entre les méthodes heuristiques proposées selon les différentes composantes de la stabilité.

Nous nous sommes limités pour le moment au développement de méthodes basées sur la connaissance de collectes initiales pour en dériver d'autres collectes. Une des perspectives de ce travail serait d'envisager des méthodes de résolution construisant globalement les deux ensembles de tournées de début et de fin de semaine.

Références

- [1] M.M. Solomon. Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints. *Operations Research*, 35(2):254–265, 1987.
- [2] K.C. Tan, L.H. Lee, K.Q. Zhu, K.Ou. Heuristics Methods for Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Artificial Intelligence in Engineering*, 15(3):281–295, 2000.