

Analyse de données pour l'aide à la décision interactive en optimisation de tournées de véhicules

Bernat Gacias^{1,2}, Pierre Lopez^{1,2}, Julien Cegarra³

¹ CNRS; LAAS; 7, avenue du Colonel Roche, F-31077 Toulouse, France

² Université de Toulouse; UPS, INSA, INP, ISAE; LAAS; F-31077 Toulouse, France

³ CLLE; Université de Toulouse; 5 allées Machado F-31058 Toulouse, France

{bernat.gacias,pierre.lopez}@laas.fr, julien.cegarra@univ-jfc.fr

Mots-Clés : *système d'aide à la décision, problème de tournées de véhicules, inversion du modèle.*

1 Introduction

L'optimisation des tournées de véhicules est devenue l'une des préoccupations les plus fréquentes pour les entreprises concernées par la distribution de biens et de services. Dans les approches classiques de conception de systèmes d'aide à la décision pour la résolution des problèmes de tournées de véhicules, les facteurs humains et les aspects dynamiques sont généralement négligés. Afin de pallier ces limitations importantes, nous avons proposé dans [1] une architecture générique pour la conception d'un système d'aide à la décision pour la résolution de problèmes de tournées de véhicules, principalement pour des problèmes de livraison et de collecte de marchandises. Pour cela, nous avons adopté une démarche interdisciplinaire faisant converger deux composantes : (1) une interface humaine ou écologique basée sur une hiérarchie d'abstraction issue d'une analyse du domaine de travail, un pan de l'Ergonomie Cognitive; (2) des mécanismes de résolution basés sur des techniques de Recherche Opérationnelle, notamment la programmation par contraintes et des algorithmes dédiés pour ce type de problème.

Dans cette communication, nous présentons les trois étapes indépendantes du mécanisme de résolution du système d'aide à la décision. Nous proposons, pour la première étape, une procédure d'inversion du modèle basée sur des techniques d'analyse de données, afin de proposer à l'utilisateur des choix de relaxation lorsque le problème devient non-réalisable.

2 Mécanisme de résolution

Nous proposons un mécanisme de résolution en trois étapes : la sélection des véhicules, l'affectation des clients aux véhicules et la conception des itinéraires. Pour chaque étape de résolution, nous proposons différents modes de contrôle [2]. Le mode de contrôle détermine le niveau de participation de l'utilisateur dans la résolution.

Sélection des véhicules. Dans cette étape du problème, la décision à prendre concerne les véhicules à utiliser pour la résolution du problème. Trois modes de contrôle sont proposés pour résoudre le problème. Dans le mode consultatif, l'utilisateur propose une solution et l'outil vérifie si les contraintes sont satisfaites. Le système offre aussi un mode de supervision : le système propose plusieurs solutions avec un nombre de véhicules minimal et l'utilisateur en choisit une. Finalement, dans le mode interactif, l'utilisateur propose une solution partielle qui est complétée par le système. C'est un mode qui peut être efficace lorsque l'utilisateur a des préférences sur certains véhicules à utiliser. Si les contraintes ne peuvent pas être satisfaites avec les véhicules disponibles, nous proposons une inversion du modèle pour offrir à l'utilisateur des choix sur les contraintes à relâcher (cf. § 3).

Affectation des clients. Cette étape a pour but de réaliser l'affectation des clients aux véhicules. L'utilisateur trouve aussi dans cette phase les différents modes de contrôle. Dans le mode consultatif,

l'utilisateur propose une affectation pour chaque client. Le système vérifie après chaque affectation que la décision est réalisable vis-à-vis des contraintes du problème. Dans le mode de supervision, le système propose à l'utilisateur une solution complète pour l'affectation des clients et l'utilisateur peut modifier et revenir sur les décisions prises pour l'algorithme. Nous adoptons le principe du *sweep algorithm* pour l'affectation des clients aux véhicules. L'algorithme a été adapté aux caractéristiques du problème générique. Dans le mode interactif, l'utilisateur propose des allocations pour certains clients et le système complète l'affectation des clients restants. Nous avons adapté l'algorithme précédent au fait que certaines décisions ont été déjà prises.

Conception des itinéraires. Cette étape consiste à déterminer la séquence des clients pour chaque itinéraire. L'utilisateur peut proposer, avec l'aide d'un algorithme de vérification, la séquence des clients pour chaque véhicule. L'utilisateur peut aussi établir une partie de la séquence pour ensuite donner la main au système. Le système utilise l'algorithme d'insertion *savings* pour créer la séquence. Si l'on a un client impossible à insérer, nous utilisons une recherche basée sur des divergences pour trouver une solution. Finalement, le système offre à l'utilisateur la possibilité de lancer un algorithme de recherche locale pour l'optimisation de la solution complète ou uniquement pour l'optimisation du trajet d'un véhicule.

3 Inversion du modèle

Lorsque le problème devient non-réalisable à cause d'une violation d'une contrainte, nous proposons une inversion du modèle pour offrir des choix à l'utilisateur sur les contraintes à relâcher. Dans l'inversion du modèle, on échange le rôle des variables de décision et des paramètres endogènes (propres à un centre de décision donné) et exogènes (extérieurs à ce centre). Ainsi, les variables deviennent paramètres, qui contraignent l'espace de décision, et les paramètres deviennent variables de décision sur lesquels des inférences peuvent être déduites.

Dans cette communication, l'inversion du modèle est proposé pour l'étape de la sélection des véhicules. Pour certaines contraintes, si le nombre de paramètres qui interviennent est limité, nous pouvons déterminer la valeur limite de ce paramètre. Lorsqu'on traite un ensemble de paramètres, nous proposons des techniques de classification de données (centres mobiles, nuées dynamiques) basées sur des critères jugés pertinents, afin d'offrir à l'utilisateur des contraintes à relâcher en priorité. Nous utilisons la méthode des centres mobiles et la méthode des nuées dynamiques pour grouper les clients selon un critère géographique et un critère temporel, respectivement. Lorsqu'une contrainte est violée, nous allons nous appuyer sur une analyse des groupes des clients pour déterminer quels sont les contraintes les plus pertinentes à relâcher. Pour tester les méthodes proposées, nous avons comparé la qualité des solutions lorsqu'on relâche la contrainte proposée par la méthode avec la solution obtenue pour les autres cas. Les résultats obtenus pour les instances de petite taille sont prometteurs. Pour la plupart des instances, les choix proposés à l'utilisateur sont très pertinents.

Nous avons prévu d'étendre cette inversion aux autres étapes de la résolution. Nous rencontrons deux difficultés principales : d'une part la complexité augmente car les contraintes et le nombre d'interactions entre les paramètres est beaucoup plus élevé ; d'autre part, nous devons envisager une procédure pour revenir sur les décisions qui ont déjà été prises.

Références

- [1] B. Gacias, J. Cegarra, and P. Lopez. An interdisciplinary method for a generic vehicle routing problem decision support system. *International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM 2009)*, Montreal, Canada, 2009.
- [2] W. van Wezel and J. Cegarra. Developing user-oriented scheduling algorithms. In *14th International Annual EurOMA Conference*, Ankara, Turkey, 2007.