

Approches heuristiques pour le Problème de Localisation - Routage à deux niveaux

Viet-Phuong Nguyen, Christian Prins, Caroline Prodhon

LOSI - ICD - Université de Technologie de Troyes - BP 2060, 10010 Troyes Cedex, France
{viet_phuong.nguyen, christian.prins, caroline.prodhon}@utt.fr

Mots-Clés : *heuristique, recherche locale, problème de localisation - routage (LRP-2E)*

1 Présentation du problème

Cet article aborde un problème d'optimisation des systèmes de distribution / collecte à deux niveaux dans lesquels des marchandises sont délivrées / collectées entre un dépôt principal et des clients en traversant des dépôts intermédiaires (appelés satellites). Ce problème, appelé LRP-2E, consiste à choisir les satellites à ouvrir et à construire les tournées de véhicules sur les deux niveaux. A notre connaissance, la seule étude publiée sur le LRP-2E est un cas réel proposé en 1980 par Jacobsen et Madsen [1]. Ils se sont penchés sur la distribution de journaux au Danemark à travers des points de transfert qui jouent le rôle de satellites en proposant les approches heuristiques sans recherche locale, testée sur une seule instance. Dans cet article, nous proposons 2 jeux d'instances ainsi que 4 heuristiques et des recherches locales pour le LRP-2E.

Le LRP-2E est défini sur un graphe non orienté valué et complet $G = (V, E, C)$. V est un ensemble de noeuds composé de trois sous-ensembles : $V_o = \{0\}$ le dépôt, $V_s = \{1, 2, \dots, m\}$ les m satellites possibles et $V_c = \{m + 1, m + 2, \dots, m + n\}$ les n clients. L'ensemble E comprend des arêtes (ij) avec des coûts d'arête $c_{ij} \in C$. Chaque satellite $i \in V_s$ a une capacité W_i et un coût d'ouverture O_i . Chaque client $j \in V_c$ a une demande d_j qui doit être servie par une seule tournée. Un ensemble K_1 de véhicules de 1er niveau ayant la même capacité k_1 est disponible au dépôt. Un ensemble K_2 de véhicules de 2ème niveau ayant la même capacité k_2 est partagée par les satellites. Chaque véhicule utilisé dans deux niveaux induit respectivement un coût fixe F_1, F_2 . Le nombre de tournées réalisées est une décision à définir. Chaque tournée de 2ème niveau doit commencer et finir au même satellite. Les clients peuvent être éventuellement livrés de façon directe par le dépôt et les satellites peuvent aussi jouer le rôle de clients.

On peut formuler le LRP-2E sous forme d'un modèle mathématique à trois indices. Toutes les variables sont binaires. x_{ij} vaut 1 si un véhicule de type 1 utilise l'arête (ij) . y_{ijk} est égale à 1 si une tournée au 2ème niveau appartient au satellite k , traverse l'arête (ij) et 0 sinon. z_i vaut 1 si le satellite i est ouvert. Le coût total comporte trois termes : le coût d'ouverture des satellites $\sum_{i \in V_s} O_i z_i$, le coût fixe de véhicules utilisés $\sum_{i \in V_s} \sum_{j \in V_c} \sum_{k \in K_2} F_2 \cdot y_{ijk} + \sum_{i \in V_s} F_1 \cdot x_{oi}$ et le coût des arêtes utilisées dans les tournées $\sum_{k \in K_2} \sum_{i, j \in V_s \cup V_c} c_{ij} \cdot y_{ijk} + \sum_{i, j \in V_o \cup V_s} c_{ij} \cdot x_{ij}$. L'objectif est de déterminer les tournées des deux niveaux et l'ensemble des satellites à ouvrir afin de minimiser le coût total du système de distribution / collecte. Le LRP-2E est NP-difficile car il comprend d'autres problèmes NP-difficile tels que le VRP, le VRP-2E, le LRP comme cas particuliers. La figure 1 illustre une solution du problème.

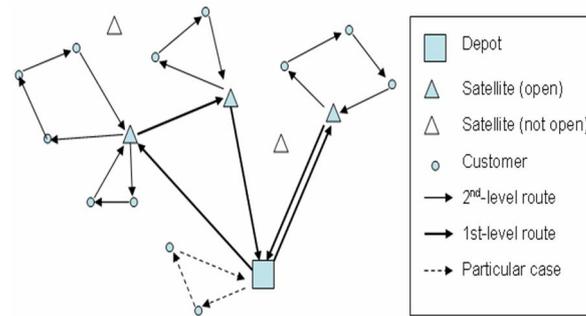


FIGURE 1 – Une solution faisable pour LRP-2E.

2 Approches heuristiques - Évaluations numériques

L'article présente de premières méthodes pour le LRP-2E. Il s'agit d'heuristiques constructives et de recherches locales. Quatre heuristiques constructives sont proposées, parmi lesquelles une, H1, est déterministe et trois, H2 - H3 - H4, sont randomisées. H1 est basée sur une version modifiée de l'algorithme de Clarke et Wright pour le LRP (ECWA) développée par Prins et al [2]. H2 est élaborée sur le principe de l'algorithme de Plus Proche Voisin (PPV). H3 crée une tournée en deux étapes : générer des clusters de clients en appliquant une version étendue de l'algorithme de Mole et Jameson (M&J) ; affecter ces clusters aux satellites en utilisant une procédure de meilleure insertion. H4 élabore des tournées géantes en utilisant la capacité de véhicule de 1er niveau et l'algorithme M&J. Ces tournées sont transformées en tournées de 2ème niveau par une procédure de « découpage multi-satellite ». Cette procédure basée sur les recherches de Prins pour le VRP (un seul dépôt) est développée pour le cas multi-satellites (l'ensemble de satellites ouverts choisi aléatoirement). Le sous-ensemble de satellites utilisés pour chaque tournée géante est intégré dans un Problème de Voyageur du Commerce (PVC) afin de créer une tournée au 1er niveau. Deux types de recherches locales sont utilisées. RL1 est une recherche locale sur le routage des clients. RL2 comprenant les mêmes mouvements que RL1 mais inclut aussi les ouvertures / fermeture de satellites.

Ces heuristiques codées en C++ sont testées en modifiant 30 instances de Prodhon *et al.* pour le LRP-1E et sur 14 nouvelles instances avec 200 clients au maximum. Il en résulte que les recherches locales permettent d'améliorer d'environ 20% en moyenne le coût de la solution initiale et que H4 est la meilleure heuristique avec 17/30 meilleures solutions pour les premières instances et 6/14 pour les deuxièmes. Le temps d'exécution de H4 est le plus lourd : 1.5s et 3.7s en moyenne pour 5 exécutions. Cependant, ces temps sont relativement petits pour un problème aussi complexe. Ces heuristiques sont aussi testées sur des instances originales de Prodhon pour le LRP-1E. Il en résulte que nos heuristiques sont encore efficaces pour le LRP-1E et que H4 est toujours la meilleure des 4 méthodes. Par rapport à la meilleure méta-heuristique publiée pour LRP-1E, H4 a un assez petit écart de 4.7% avec un temps de calcul très faible de 1.4s/5fois. Nos heuristiques ont été utilisées pour initialiser des méta-heuristiques plus efficaces pour LRP-2E.

Références

- [1] S.K. Jacobsen and O.B.G. Madsen, 1980. A comparative study of heuristics for a two-level routing-location problème. *European Journal of Operational Research*, 5, p. 378-387.
- [2] C. Prins, C. Prodhon, R. Wolfler-Calvo, 2006. Solving the CLRP by a GRASP complemented by a Learning Process and a Path Relinking. *4OR*, 4(3), p. 221-238.