

# Planification par LocalSolver de la distribution de bouteilles de gaz

Michele Quattrone<sup>1</sup> Thierry Benoist<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Air Liquide, Applied Mathematics Group, CRCO  
1 Chemin de la porte des loges, Jouy-en-Josas  
Michele.Quattrone@AirLiquide.com

<sup>2</sup> LocalSolver  
24, Avenue Hoche, 75008 Paris, France  
tbenoist@localsolver.com

**Mots-clés :** *Vehicle Routing, Logistic Clustering, LocalSolver*

## 1 Contexte

Air Liquide distribue dans le monde entier des bouteilles de gaz pour ses clients, en particulier de l'oxygène, de l'acétylène et des gaz rares. On considère ici l'optimisation tactique des tournées de distribution de ces bouteilles. Opérationnellement, chaque client se voit affecté un ou plusieurs jours de livraison hebdomadaire (ou sur deux semaines). Pour toute l'année ce seront ses jours de livraison lorsqu'il passera commande. Ainsi se trouvent constitué des groupes de clients (ou clusters) qui seront livrés le même jour de la semaine. Connaissant la position des clients et leur demande prévisionnelle on cherche à ce que chacun de ces groupes ait un volume moyen de consommation compatible avec la capacité journalière de livraison d'un camion. On souhaite en outre que les clients au sein d'un groupe soient géographiquement proches les uns des autres afin de minimiser la longueur des tournées qui seront à planifier chaque semaine.

## 2 Centroïdes

Un des modèles éprouvés pour estimer la longueur moyenne des tournées au sein d'un cluster se base sur la notion de centroïde. Rappelons que les consommations prises en compte sont les consommations moyennes (éventuellement augmentée d'une marge de sécurité) et qu'il ne s'agit pas de calculer une tournée entre ces points mais d'estimer la longueur moyenne des tournées qu'il faudra réaliser chaque semaine. Formellement on pourrait rapprocher cette problématique de la question suivante. Soient  $N$  sites ayant chacun une probabilité  $p_i$  de nécessiter une livraison. Pour un tirage donné, la tournée à effectuer est le circuit de longueur minimale qui visite tous les sites nécessitant une livraison. Quelle est l'espérance de cette longueur ?

L'estimateur se calcule comme suit. Pour chaque client du groupe on calcule la distance moyenne de ce client aux autres clients du cluster, pondérée par la consommation de chacun. On additionne alors pour chaque client le périmètre d'un cercle qui aurait pour rayon cette distance moyenne et la distance de ce client au dépôt. Le client pour lequel cette distance totale est la plus courte est appelé le centroïde et cette distance conduit à une estimation de la longueur moyenne des tournées au sein de ce cluster.

### 3 Modèle et résolution

On le voit, cet estimateur est fortement non linéaire et une approche par programmation linéaire en nombres entiers paraît difficile d'autant que la taille des instances est conséquente: jusqu'à 1000 clients. En pratique une approche par recherche locale a été mise en place et décrite dans [2]. Nous nous intéressons ici au traitement de ce problème par programmation mathématique avec LocalSolver [1]. LocalSolver est un solveur de type *model & run*, c'est-à-dire qu'il suffit de déclarer un modèle dans un formalisme mathématique simple et la résolution est ensuite totalement automatique. Grâce à une recherche locale pure et directe, LocalSolver est capable de trouver très rapidement des solutions de grande qualité pour des problèmes de très grandes tailles.

Nous montrerons que le modèle à base de centroïdes décrit ci-dessus peut s'écrire de façon originale et purement déclarative à l'aide d'opérateurs non linéaires comme la division, le minimum, le maximum ou encore la valeur absolue. A cette fin, nous définirons des variables  $X_{ij}$  égalent à 1 quand le client  $i$  est affecté au cluster  $j$ . Nous définirons par ailleurs pour chaque client sa distance moyenne aux autres clients du même cluster et retiendrons comme centroïde celui qui minimise cette distance. Nous étudierons ensuite les résultats obtenus par cette approche et constaterons qu'ils sont tout à fait comparables à ceux obtenus par la programmation manuelle d'un algorithme de recherche locale [2].

### Références

- [1] T. Benoist, B. Estellon, F. Gardi, R. Megel and K. Nouioua, LocalSolver 1.x: a black-box local-search solver for 0-1 programming. *4OR, A Quarterly Journal of Operations Research* 9(3), pp. 299-316. Springer, 2011.
- [2] M. Quattrone, J. Omer, F. Mornet, P. Briet, Tactical optimization in gas cylinders distribution planning, In Roadef 2011, Saint-Etienne..