

Métaheuristiques pour l'optimisation de la collecte de bouteilles en verre consignées

A. Omar Djama^{1,2}, T. Koenig¹, C. Rigaud Vinot¹, A. Delenne¹, M. Vinot¹, L. Trilling¹

¹ Univ Lyon, INSA Lyon, UCBL, Univ Lumière Lyon 2, DISP, EA4570, 69621 Villeurbanne, France
{marina.vinot,lorraine.trilling}@insa-lyon.fr

² Ecole des Mines de Nancy
alexis.omar-djama9@etu.univ-lorraine.fr

Mots-clés : *Vehicle Routing Problem, Reverse Logistics, Reusable Glass Container, Waste Collection, Large Neighborhood Search, Adaptive Large Neighborhood Search*

1 Introduction

Autrefois largement répandue en France, la consigne des bouteilles en verre a été abandonnée au moment du boom des emballages en plastique à usage unique. Un emballage consigné est un emballage dont l'utilisateur paie une certaine somme d'argent, en plus du prix du produit, au moment de l'achat de ce dernier. Cet argent est restitué lorsque l'emballage est rendu. L'emballage est ensuite lavé et réemployé par le producteur. Afin d'assurer une empreinte carbone limitée et plus intéressante que la chaîne logistique d'emballages sans emploi, il est important d'optimiser le transport au sein du réseau.

Un premier travail de recherche nous a amenés à modéliser sous la forme d'un PLNE le problème de collecte/distribution de casiers de contenants, pleins/vides de bouteilles pleines, auprès de magasins (points de collecte) [2]. Nous avons formulé le problème comme un VRP avec contraintes de temps et de stockage, cherchant à optimiser plusieurs objectifs liés au temps de collecte, mais aussi à la satisfaction des magasins qui doivent être visités pour ne pas arriver à saturation. La résolution exacte grâce à un solveur de PLNE a montré ses limites avec l'augmentation du nombre de points de collecte [2].

L'objectif du présent travail de recherche est de proposer une méthode approchée heuristique pour résoudre efficacement les problèmes que l'approche exacte peine à résoudre. Deux métaheuristiques basées sur le principe de la recherche locale élargie ont été testées sur ce problème : le Large Neighborhood Search (LNS) et l'Adaptative Large Neighborhood Search (ALNS). Le choix s'est porté sur ces méthodes car elles présentent un équilibre fin et pertinent entre intensification et diversification : elle concentrent la recherche autour des meilleures solutions rencontrées, considérées comme prometteuses, mais aussi incitent la recherche à explorer des nouvelles zones de l'espace de recherche en vue d'y trouver des bonnes solutions.

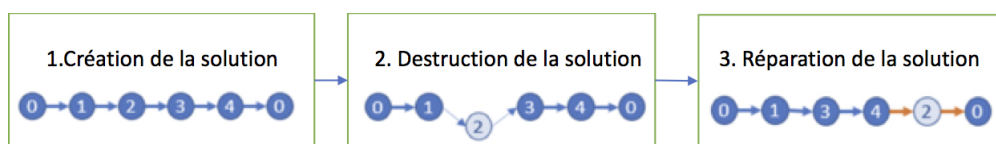


FIG. 1 – Etapes du LNS

2 Methodologie

Le principe de la recherche locale est d'explorer le voisinage d'une solution par destruction puis réparation comme expliqué sur la Figure 1. Dans le cas du **Large Neighborhood Search (LNS)**, l'espace de recherche est élargi car une partie importante de la solution est détruite. Pour trouver la meilleure insertion possible (réparation) on peut utiliser un Branch and Bound [4], ou un simple algorithme glouton. La force du LNS repose sur sa vitesse d'exécution, plus le nombre d'itérations de cette boucle est important plus la probabilité que la solution s'approche de la solution optimale est élevée. Par conséquent les opérateurs de destruction et de réparation de la solution doivent être pensés pour minimiser le temps nécessaire à leur déroulement.

L'algorithme d'**Adaptive Large Neighborhood Search (ALNS)** [3] représente une évolution du LNS. L'amélioration apportée réside dans le fait que pour les étapes de destruction et de réparation, on choisit chaque opérateur parmi un ensemble de méthodes disponibles, selon des probabilités qui évoluent au cours au fur et à mesure de la résolution [1]. L'algorithme que nous avons implémenté reprend les bases théorique de l'ALNS, avec 6 opérateurs de destruction, 6 opérateurs de réparation. Nous avons ajouté une étape d'échange de sommets dans la solution afin d'améliorer la recherche dans l'espace de solutions (2 opérateurs de swap). Enfin deux critères d'acceptation ont été développés et testés (Greedy Acceptance et Simulated Annealing), ainsi que différents jeux de poids pour l'ajustement des probabilités de choix des opérateurs.

Les 2 approches, LNS et ALNS, ont été testées sur un jeu de 20 instances de correspondant à différents scénarios (nombre de clients, type de véhicule, nombre de time slots,...) et les résultats comparés à ceux obtenus par l'approche exacte PLNE. A noter que, pour les instances les plus grandes, la résolution a été interrompue avant de trouver la solution optimal à cause des longs temps de calcul.

3 Conclusion et perspectives

Les algorithmes LNS et ANLS ont montré, sur le problème de collecte de bouteilles en verre consignées, qu'ils étaient capables d'obtenir, dans des temps très courts, soit la meilleure solution connues (obtenue par PLNE) soit une solution avec un écart relatif faible, voire même une meilleure solution pour les instances les plus grandes que peine à résoudre la PLNE. L'ALNS est plus performant en termes de proximité à l'optimal, tandis que LNS se distingue par sa rapidité. Ceci s'explique par le fait que le LNS est moins complexe et comprend moins d'opérateurs de destruction et réparation.

Pour améliorer les performances du ALNS, il faudrait travailler sur l'affinage des 13 paramètres que comprend l'ALNS, impactant l'évolution des poids donnés aux différentes fonction de destruction/réparation et des probabilités de choix en fonction de l'historique. On pourrait également mener des expérimentations pour sélectionner le meilleur ensemble d'opérateurs, ce qui pourrait contribuer à diminuer les temps de calcul.

Références

- [1] Roman Lutz. Adaptive large neighborhood search. *Universität Ulm*, 2015.
- [2] Isidoros Marampoutis, Marina Vinot, and Lorraine Trilling. Multi-objective vehicle routing problem with flexible scheduling for the collection of refillable glass bottles : A case study. *EURO Journal on Decision Processes*, 10 :100011, 2022.
- [3] David Pisinger and Stefan Ropke. A general heuristic for vehicle routing problems. *Computers & Operations Research*, 34 :2403–2435, 2007.
- [4] Eric Prescott-Gagnon, Guy Desaulniers, and Louis-Martin Rousseau. A branch-and-price-based large neighborhood search algorithm for the vehicle routing problem with time windows. *Networks*, 54 :190–204, 3 2009.