

Collecte Récurrente des Déchets et Résolution Heuristique.

Tarek Boufar¹, Omar Rifki², Matthieu Basseur¹

¹ Université du Littoral Côte d’Opale, 62100 Calais, France
{tarek.boufar, matthieu.basseur}@univ-littoral.fr

² FSJES, USMBA, Fès, Maroc et Membre Associé du LISIC, ULCO, 62100 Calais, France
omar.rifki@usmba.ac.ma; omar.rifki@univ-littoral.fr

Mots-clés : *collecte des déchets, recherche locale, heuristiques, TSP récurrent*

Contexte Général

La collecte des déchets représente un défi majeur dans les zones urbaines. Nos travaux portent sur un cas concret de collecte du verre dans l’agglomération de Calais (62100). Le réseau étudié se compose de 311 colonnes d’apport volontaire et d’un dépôt de vidage. L’objectif est de déterminer un Programme de Collecte (PC) pour un unique camion, sur un horizon temporel futur, de manière à éviter les situations critiques de débordement.

Dans notre étude, la qualité d’un PC est évaluée en fonction de la récurrence des visites effectuées sur chaque colonne : plus une colonne est vidée fréquemment, maintenant ainsi un faible niveau de remplissage, plus le service est considéré comme satisfaisant. Contrairement au Periodic TSP (PTSP) [1] — proche de notre cas — où la périodicité est une contrainte et l’objectif la minimisation des coûts quotidiens, notre approche considère les coûts journaliers comme des contraintes (p. ex. une limite de sept heures de travail) et vise à minimiser la périodicité des visites. On a choisi de le nommer (RTSP).

Les travaux de Gómez et al. [2] sont liés aux nôtres dans la mesure où ils considèrent l’accumulation des déchets comme un critère de qualité. Cependant, les auteurs ont utilisé une fonction de pénalité quadratique, simple et intuitive, car elle correspond directement à l’intégration de la quantité de déchets accumulés dans chaque colonne. En revanche, dans notre approche, l’état de chaque colonne est interprété comme un *retard* par rapport à sa période de remplissage : un retard positif indique une situation de débordement, un retard nul correspond à une colonne pleine, et un retard négatif signifie qu’elle n’a pas encore atteint sa capacité maximale. En incorporant ce retard dans une fonction exponentielle telle que (2^{retard}), on obtient une contribution importante à la fonction objectif, dès lors que les colonnes ayant des retards positifs. La nature exponentielle de cette fonction amplifie fortement l’impact des retards positifs, pénalisant ainsi de manière marquée les situations où les collectes sont effectuées tardivement (voir FIG. 1).

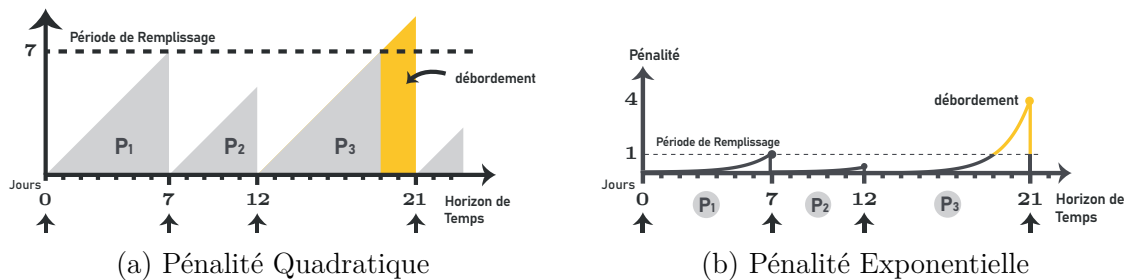


FIG. 1 – Exemple de modélisation de la pénalité d’une colonne ayant une période de remplissage de 7 jours sur un horizon de 21 jours.

Une telle définition du problème nous a conduit à le formuler sous la forme d’un MILP et à le résoudre dans un premier temps à l’aide du solveur **Cplex**. Nous avons choisi d’évaluer

sa fiabilité sur des instances de petite taille, caractérisées par un nombre limité de nœuds et un horizon temporel restreint. Bien entendu, la génération des instances elle-même constitue une étape essentielle de nos travaux puisque le problème nécessite des instances complexes reflétant les caractéristiques d'un cas réel (Calais), afin d'évaluer la performance des méthodes de résolution appliquées.

Étant donné la complexité du problème, plusieurs heuristiques ont été appliquées et testées de manière progressive, chaque étape d'expérimentation nous permettant d'acquérir des connaissances utiles pour améliorer les suivantes. Celles-ci sont résumées comme suit :

1. **Approche "gloutonne"** : traiter en priorité les colonnes présentant le plus grand *retard*. Cette stratégie peut être vue comme une imitation du comportement intuitif des agents, qui cherchent à vider en priorité les plus urgentes. Une variante de cette approche consiste à ne sélectionner parmi les colonnes prioritaires que celles situées à proximité du parcours actuel du camion, étant donné que la limite quotidienne de travail constitue une contrainte importante dans le problème.
2. **Recherche Locale à Voisinage Partiel (RLVP)** [4] : de type recherche locale, cette stratégie consiste à sélectionner, à chaque étape de la recherche, une solution parmi un échantillon de λ voisins. Le paramètre λ , ajustable, contrôle l'équilibre entre intensification et diversification : une valeur bien choisie permet d'exploiter efficacement les bonnes solutions tout en explorant de nouvelles régions pertinentes du paysage.
3. **Hybride** : combiner plusieurs heuristiques de manière complémentaire. Dans notre étude, la solution initiale est générée à l'aide de l'heuristique gloutonne, qui fournit rapidement une solution améliorante. Ensuite, la recherche locale est enrichie par une routine qui exécute l'algorithme de Lin-Kernighan-Helsgaun (LKH) [3], permettant de réduire la durée des tournées progressivement durant l'exécution de la RLVP.

La FIG. 2 illustre le nombre de colonnes en fonction de leur retard au moment de leur vidage pour l'instance de Calais. On observe que l'approche hybride permet non seulement d'éviter les retards positifs constatés avec l'approche gloutonne, mais également d'effectuer plus de 300 collectes supplémentaires en répartissant les retards sur des intervalles plus larges, mettant en évidence son caractère prédictif et anticipatif.

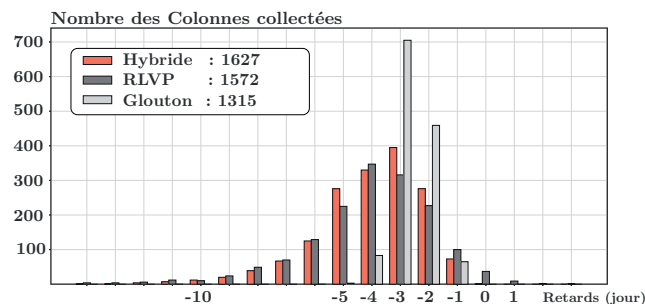


FIG. 2 – Nombre de colonnes collectées en fonction de leur retard.

Références

- [1] M Gaudioso and G Paletta. A heuristic for the periodic vehicle routing problem. *Transp. Sci.*, 26(2) :86–92, May 1992.
- [2] José Rubén Gómez, Joaquín Pacheco, and Hernán Gonzalo-Orden. A tabu search method for a bi-objective urban waste collection problem. *Comput.-aided Civ. Infrastruct. Eng.*, 30(1) :36–53, January 2015.
- [3] Keld Helsgaun. An effective implementation of the Lin–Kernighan traveling salesman heuristic. *Eur. J. Oper. Res.*, 126(1) :106–130, October 2000.
- [4] Sara Tari, Matthieu Basseur, and Adrien Goëffon. Sampled walk and binary fitness landscapes exploration. In *Artificial Evolution - 13th International Conference, Évolution Artificielle, EA 2017, Paris, France, October 25-27, 2017, Revised Selected Papers*, volume 10764 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 47–57. Springer, 2017.