

# Optimisation d'un problème de chargement de camions dans le cadre du challenge ROADEF

Victor Kani<sup>1</sup>, Guillaume Crognier<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Hexaly, 251 boulevard Pereire, France  
vkani@hexaly.com  
<sup>2</sup> Pelico, Paris, France  
guillaume.crognier@gmail.com

**Mots-clés :** *affectation, packing, packing bidimensionnel, rotations.*

## 1 Introduction

Dans le cadre du challenge d'optimisation organisé tous les deux ans par l'association de la ROADEF, Renault a soumis pour les années 2022/2023 un sujet basé sur un problème industriel complexe de chargement de commandes dans une flotte de camion. Le challenge se découpe en trois phases avec une première phase de sprint, où l'objectif est d'obtenir rapidement de bonnes solutions, le code n'étant pas nécessaire dans le livrable du challenge. Les secondes et troisièmes phases sont la phase de qualification et la phase finale sur le même problème mais avec des instances différentes. Ce document présente l'approche de l'équipe S31 pour les premières phases du challenge et notamment la phase de sprint. Cette approche se base sur des heuristiques et utilise le solveur Hexaly Optimizer, anciennement LocalSolver, un solveur d'optimisation mathématiques commercialisé par Hexaly et basé sur différentes techniques de recherche opérationnelle mêlant heuristiques et méthodes exactes.

## 2 Description du problème

On considère un ensemble d'objets que l'on souhaite affecter et ranger dans des camions de manière optimisée, c'est-à-dire en minimisant le coût total donné par les coûts d'affectation objet/camion et les coûts fixes d'utilisation des camions. Le rangement des objets dans les camions doit tenir compte du placement des objets au sol et pour exploiter la hauteur du camion, les objets compatibles entre eux peuvent être empilés les uns sur les autres s'ils partagent la même taille. Pour ranger des objets dans un camion, il faut donc construire des piles avec ces objets et les placer selon les contraintes de placement en deux dimensions.

Chaque objet est caractérisé par une source et une destination, une date de livraison, des dimensions géométriques, un poids et des compatibilités. Chaque camion est caractérisé par ses dimensions et diverses limitations de poids ainsi que par sa route et sa date de livraison qui sont prédéfinies.

L'affectation et le rangement des objets aux camions est alors soumis à quatre familles de contraintes :

- les contraintes de compatibilité objet/camion qui définissent les affectations possibles
- les contraintes d'empilement qui définissent les empilements admissibles d'objets dans un camion donné
- les contraintes de placement, qui structurent les configurations possibles pour le rangement des piles dans le camion
- les contraintes de poids, qui limitent l'affectation, et de répartition du poids, qui influent sur la placement des piles dans le camion

Enfin il est toujours possible de dupliquer un camion existant, c'est-à-dire d'ouvrir un nouveau camion avec les mêmes caractéristiques qu'un des camions prédéfinis. En revanche un camion dupliqué a un coût fixe supérieur au camion original, le coût supplémentaire de duplication étant un paramètre dans les instances du problème.

Le problème est donc riche de nombreuses contraintes qui rendent l'obtention de solutions faisables difficile, les décisions à prendre dans le problème étant les suivantes :

- La création de piles et l'assignation d'objets aux piles, le choix de l'objet support étant important
- L'assignation des piles aux camions et la création possible de camions dupliqués plus coûteux
- Le rangement des piles dans les camions

Les instances sont fournies par Renault et sont de tailles et de difficulté variables. Il faut cependant noter que les instances ont été de tailles et de difficultés croissantes au cours des phases. Pour la phase de sprint, les plus grosses instances pouvaient atteindre jusqu'à 75000 objets (parmi 15000 types d'objets différents) et 6000 camions.

### 3 Résolution

Pour la phase de sprint, ce problème d'optimisation a été traité en développant des heuristiques et en combinant ces heuristiques à un solveur tel que Hexaly Optimizer.

Une phase de pré-traitement est d'abord appliquée pour simplifier le problème et le séparer en différents sous-problèmes de même nature mais beaucoup plus petits. Cette décomposition menait généralement à de très nombreux sous-problèmes petits (1 ou 2 camions), à de nombreux sous-problèmes de taille moyenne et à quelques sous-problèmes de plus grande taille.

Un modèle basé sur le formalisme d'Hexaly Optimizer a été développé pour traiter les problèmes de petite taille (~2 camions et les items associés). Ce modèle prend en charge tous les aspects du problème à l'exception du rangement des piles qui, lui, est délégué à une sous-routine gloutonne de packing.

Différentes heuristiques de type Fit (First Fit, Best Fit) ont ensuite été développées, l'idée de ces heuristiques étant de parcourir l'ensemble des objets dans un ordre donné et de trouver pour chaque objet une affectation de camion et une position d'insertion valide dans le camion. Elles reposent sur une autre sous-routine gloutonne de packing pour gérer le rangement en proposant des positions d'insertion pertinentes des piles dans les camions selon certains critères.

Ces heuristiques First Fit et Best Fit ont été testées avec différents critères et ordres initiaux de considération des objets. Finalement, ces heuristiques ont été intégrées dans deux modèles basés sur Hexaly Optimizer où les décisions du modèle sont des variables de liste contrôlant à la fois l'affectation des objets aux camions et l'ordre d'application des heuristiques sur les objets pour chaque camion. Les empilements, les rangements, et dans une certaine mesure l'assignation aux camions sont alors calculés par les heuristiques en question en utilisant les ordres d'application proposés par Hexaly Optimizer.

Ces deux modèles optimisent le problème à deux granularités différentes, le premier modèle proposant une optimisation rapide mais grossière des affectations des objets aux camions, le second permettant un contrôle plus fin et détaillé des affectations. Le premier modèle est donc exécuté en premier afin d'obtenir une bonne solution initiale, puis le second modèle est exécuté pour affiner les résultats.

Ces heuristiques et modèles ont permis d'obtenir la première place lors de la première phase de sprint, en trouvant la meilleure solution pour 19 instances sur 30. En construisant d'autres heuristiques par-dessus, il a également été possible d'obtenir la 3<sup>e</sup> place à la phase de qualification et la 4<sup>e</sup> place lors de la finale.