

# Sac à dos 3D pour la palettisation

Alexandre Le Jean<sup>1,2</sup>, Nadia Brauner<sup>1</sup>, Olivier Briant<sup>1</sup>,  
Mircea Cocan<sup>2</sup>, Béranger David<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, G-SCOP, F-38000 Grenoble, France

<sup>2</sup> Fives Syleps, Lorient, France

**Mots-clés :** *Sac à dos en 3 dimensions, Génération de colonnes, Relaxation lagrangienne, Palettisation.*

## 1 Introduction

Il existe de nombreux problèmes industriels dans la logistique de distribution. Le problème du sac à dos est l'un d'entre eux. Ce problème consiste à maximiser le profit d'objets, sélectionnés à partir d'une liste, qui seront placés dans un conteneur, par exemple un sac à dos. Dans le cas qui nous intéresse, le conteneur est une palette en bois et le profit des objets correspond à leur volume. L'objectif est de trouver des solutions maximisant le volume des objets placés, sans chevauchement, et en respectant des contraintes métier comme la stabilité [2]. Les instances à résoudre sont des instances réelles que Fives Syleps a à résoudre quotidiennement.

## 2 Heuristiques existantes

Des approches exactes et heuristiques ont été proposées pour traiter le problème de sac à dos en 3 dimensions. Certaines appelées « heuristiques en blocs » proposent de construire une solution itérativement par construction de « blocs » d'objets qui sont placés dans la solution. Les blocs à construire peuvent avoir des formes simples en 2D comme des « couches » [1, 5] (exemple illustré Figure 1). La forme des blocs choisie est motivée par le fait qu'une solution de bonne qualité ou optimale peut être composée seulement de blocs d'objets ayant cette forme. Selon l'usage, l'utilisation de blocs peut avoir différents intérêts. D'un côté, le problème peut être réduit à un problème de placement d'objets dans différents espaces en 2 dimensions, que sont les blocs. D'un autre côté, on ne place plus des objets individuellement, mais des ensembles d'objets formant un bloc, réduisant ainsi l'espace de recherche.

Pour notre problème, nous proposons une heuristique en blocs avec parmi les formes de blocs, des couches d'objets. Une couche étant définie comme un ensemble d'objets, de hauteurs proches ou identiques, placés sans chevauchement dans un rectangle dont les dimensions sont données.

## 3 Nouvelle heuristique utilisant la génération de colonnes

Nous proposons une nouvelle heuristique en blocs utilisant entre autres des blocs en forme de couche. Les couches ont pour avantage de pouvoir être empilées les unes sur les autres, simplifiant ainsi grandement le problème si l'on venait à n'utiliser que ces formes de bloc. Cependant, pour nos instances à traiter, on a une grande diversité de dimension. Il peut arriver que les objets aient tous une hauteur très proche, mais différente, rendant ainsi l'ensemble des couches réalisables trop grand pour être énuméré. Trouver les bonnes couches à utiliser pour obtenir une solution de bonne qualité est alors plus compliqué.

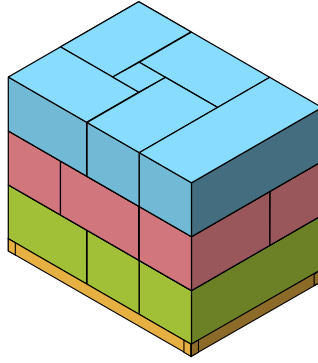


FIG. 1 – Solution composée de couches de colis

Pour déterminer quelles sont les couches que l'on va considérer, nous proposons de résoudre un problème exprimé sous la forme d'un programme linéaire en nombres entiers (PLNE). La résolution de ce PLNE revient à décider quelles sont les couches que l'on va utiliser parmi toutes les couches possibles. Il existe ainsi une variable par couche réalisable. Mais l'ensemble des couches étant parfois trop grand pour être énuméré, l'écriture du PLNE est impossible. D'un autre côté, même si l'ensemble des couches réalisables est très grand, le nombre de couches utilisées dans une solution de bonne qualité est très petit. Dit autrement, il y a trop de variables pour résoudre notre PLNE mais très peu auront une valeur différente de 0. Ainsi, on propose de résoudre approximativement le PLNE à l'aide d'une méthode heuristique basée sur la génération de colonnes [3].

Pour la résolution par génération de colonnes, nous proposons une décomposition du PLNE en sous-problèmes indépendants. Cette décomposition est permise en relâchant des contraintes, parfois inviolables, et obtenue à l'aide de l'écriture d'un graphe.

Enfin, nous proposons une borne lagrangienne [4] permettant d'obtenir une borne inférieure sur le PLNE résolu.

## Références

- [1] Eberhard E Bischoff, F Janetz, and MSW Ratcliff. Loading pallets with non-identical items. *European journal of operational research*, 84(3) :681–692, 1995.
- [2] Andreas Bortfeldt and Gerhard Wäscher. Constraints in container loading—a state-of-the-art review. *European Journal of Operational Research*, 229(1) :1–20, 2013.
- [3] Jacques Desrosiers and Marco E Lübbecke. A primer in column generation. In *Column generation*, pages 1–32. Springer, 2005.
- [4] Marshall L Fisher. The lagrangian relaxation method for solving integer programming problems. *Management science*, 27(1) :1–18, 1981.
- [5] Johannes Terno, Guntram Scheithauer, Uta Sommerweiß, and Jan Riehme. An efficient approach for the multi-pallet loading problem. *European Journal of Operational Research*, 123(2) :372–381, 2000.