

Nouvelles coupes valides pour le problème de chargement de containers

Mhand HIFI¹, Imed KACEM², Stéphane NEGRE¹ et Lei WU¹

¹ Université de Picardie Jules Verne; Laboratoire MIS; Equipe GOC, Axe ODR

33 rue Saint Leu, 80039 Amiens, France

{mhand.hifi, stephane.negre, lei.wu}@u-picardie.fr

² Université de Metz Paul Verlaine; Laboratoire LITA

Ile du Saulcy, 57000 Metz, France

kacem@univ-metz.fr

Mots-Clés : *Coupes valides, bin-packing, knapsack-packing*

1 Introduction

Motivés par des applications industrielles liées au problème de chargement de containers (PCC), nous nous intéressons à deux classes de problèmes (référéncées dans la classification de Wascher *et al.* [2] (2007) : maximiser le nombre ou le profit total des articles qui peuvent être chargés dans un seul container (Single Knapsack Problem, noté SKP) et déterminer le nombre minimum de containers nécessaires pour ranger un ensemble d'articles (Single Bin-Size Bin Packing Problem, noté SBSBPP). Ces problèmes sont NP-Difficiles au sens fort. Au cours des quinze dernières années, de nombreuses publications ont traité ces problèmes. Une bibliographie récente est disponible dans [2].

2 Modèles et coupes valides

En s'inspirant de la notion de *Packing* définie par Fekete et Schepers [4] et le modèle mathématique initialement proposé par Jin *et al.* [3], nous proposons deux nouveaux modèles linéaires : M_{3D-SKP} et $M_{3D-SBSBPP}$. Les deux nouveaux modèles nécessitent moins de variables que celui de Jin *et al.* [3] et celui de Pisinger *et al.* [6]. De plus, les nouvelles variables créées nous permettent de définir des coupes valides. Ces dernières se basent sur l'aspect d'ordonnement et de positionnement (introduites dans [1] pour le problème de placement en deux dimensions). Nous les appelons des coupes d'ordonnement ($Coupe_{ord}$) et des coupes de positionnement ($Coupe_{pos}$).

D'un point de vue industriel, par rapport à certaines heuristiques constructives, l'avantage de deux modèles linéaires proposés est que l'on peut facilement intégrer les contraintes rencontrées dans des problèmes réels. Par exemple, l'heuristique de base de construction par niveau viole généralement la contrainte de gravité. Notons aussi que dans ce cas, la prise en compte de l'équilibrage de la distribution de poids reste difficile à garantir par application de l'heuristiques du type "Bottom-Left-Deep" [5].

3 Résultats expérimentaux

Nos modèles ont été testés et validés sur les instances de Martello *et al.* [5] pour $M_{3D-SBSBPP}$ et celles de Pisinger *et al.* [6] pour M_{3D-SKP} . À noter que, selon les résultats présentés dans la littérature, ces instances restent difficiles à résoudre par une méthode exacte (comme par exemple, la méthode par séparation et évaluation), en particulier lorsque le nombre d'articles augmente (i.e., à partir de 30 articles). L'inefficacité de cette dernière méthode vient du fait que la relaxation en continue du modèle original produit une borne continue (i.e., une borne inférieure pour le problème traité) de mauvaise qualité. Les coupes valides proposées dans notre étude permettent de réduire les chevauchements dans la solution relaxée et améliorent significativement la borne de la relaxation continue.

À l'aide de l'heuristique proposée par George et Robinson [7], nous pouvons fixer toutes les variables binaires. Ainsi nous arrivons à initialiser une solution réalisable du modèle. Cependant, nous prenons des risques sur l'application de cette heuristique constructive. En effet, la solution produite ainsi peut devenir non réalisable lorsque certaines contraintes sont prises en compte dans le modèle (exemple, la contrainte de gravité). Par la suite, nous nous sommes intéressés au développement d'une méthode qui consistait à produire une solution réalisable en résolvant la relaxation en continue du problème.

Références

- [1] A. Bekrar and I. Kacem. An exact method for the 2D guillotine strip packing problem. *Advances in Operations Research*, volume 2009 (2009), article ID 732010, 20 pages.
- [2] G. Wascher, H. Haussner and H. Schumann. An improved typology of cutting and packing problems. *European Journal of Operational Research*, volume 183, pages 1109- 1130, decembre, 2007.
- [3] Z. Jin, T. Ito and K. Ohno, The three-dimensional bin packing problem and its practical algorithm, *JSME International Journal Series C*, Vol. 46, No. 1 (2003), pp.60-66.
- [4] F. Fekete, P. Sándor and J. Schepers. A combinatorial characterization of higher-dimensional orthogonal packing. *Math. Oper. Res.*, volume 29 (2), 2004, pages 353–368.
- [5] S. Martello and D. Pisinger and D. Vigo. The three-dimensional bin packing problem. *Oper. Res.*, volume 48(2), 2000.
- [6] J. Egeblad and D. Pisinger. Heuristic approaches for the two- and three-dimensional knapsack packing problem. *Comput. Oper. Res.*, volume 36(4), 2009.
- [7] J.A. George and D.F. Robinson. A heuristic for packing boxes into a container. *Computers and Operations Research*, 7(3) : 147-156, 1980.