



HAL
open science

Hybridation de programmation linéaire et de programmation par contraintes pour le problème de déplacement de conteneurs

Sophie Demasse, Dominique Feillet

► **To cite this version:**

Sophie Demasse, Dominique Feillet. Hybridation de programmation linéaire et de programmation par contraintes pour le problème de déplacement de conteneurs. ROADEF'15 - 16ème congrès annuel de la Société française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision, Feb 2015, Marseille, France. hal-01109049

HAL Id: hal-01109049

<https://hal.science/hal-01109049>

Submitted on 27 Jan 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Hybridation de programmation linéaire et de programmation par contraintes pour le problème de déplacement de conteneurs.

Sophie Demassey¹ and Dominique Feillet²

¹ CMA, MINES ParisTech, PSL-Research University,
CS 10207 rue Claude Daunesse 06904 Sophia Antipolis Cedex, France

sophie.demassey@mines-paristech.fr

² CMP ; Ecole des Mines de Saint-Etienne
880 route de Mimet 13541 Gardanne, France

feillet@emse.fr

Mots-clés : *Container Relocation Problem, Programmation par contraintes, Programmation linéaire en Nombres Entiers*

1 Container Relocation Problem

Un terminal conteneur est une infrastructure portuaire spécialisée dans le chargement et déchargement des conteneurs transportés par les porte-conteneurs. Les conteneurs présents à quai sont entreposés en piles et manipulés par levage par les portiques de manutention. De sorte, un conteneur ne peut être extrait d'une pile directement que s'il se trouve à son sommet. Dans le cas contraire, le portique ne peut y accéder qu'après avoir déplacé, l'un après l'autre, les conteneurs situés au-dessus. Les conteneurs déplacés sont déposés sur les piles voisines en tenant compte de la hauteur maximale autorisée.

Étant donné un ensemble de piles, une hauteur maximale et un ordre total sur l'ensemble des conteneurs des piles, le *Container Relocation Problem* (ou *Block Relocation Problem*) consiste à déterminer le nombre minimum de déplacements nécessaire à l'extraction de l'ensemble des conteneurs dans l'ordre. Dans le cas restreint, seuls les conteneurs situés au-dessus du conteneur à extraire sont autorisés à être déplacés.

Soit P le nombre de piles, H le nombre maximal de conteneurs dans une pile et N le nombre de conteneurs. Les conteneurs sont numérotés selon leur ordre d'extraction : au cours de chaque étape $k \in \{1, \dots, N\}$, il s'agit d'extraire le conteneur k en déplaçant les éventuels conteneurs placés au-dessus. Pour toute étape $k \in \{1, \dots, N\}$ et tout conteneur $i \in \{k, \dots, N\}$, on note, respectivement, $x_i^k \in \{1, \dots, P\}$ et $S_i^k \subseteq \{k, \dots, N\}$, la pile où est située i et l'ensemble des conteneurs situés au-dessus de i au début de l'étape k . La configuration initiale (x^1, S^1) est donnée. Les transitions possibles entre deux configurations (x^k, S^k) et (x^{k+1}, S^{k+1}) sont conditionnées par les déplacements possibles à chaque étape k . Par exemple, la restriction définie ci-dessus s'exprime par :

$$x_i^k \neq x_i^{k+1} \iff i \in S_k^k, \quad \forall k \in \{1, \dots, N-1\}, i \in \{k, \dots, N\}$$

Le problème consiste à déterminer une séquence de configurations $(x^k, S^k)_{k \in \{1, \dots, N\}}$ satisfaisant ces conditions et minimisant le nombre de déplacements $\sum_{k \in \{1, \dots, N\}} \text{card}(S_k^k)$.

2 Optimisation sous contraintes

Ce problème d'optimisation hautement combinatoire est NP-difficile [1] y compris dans sa version restreinte. Nous nous intéressons ici à développer une méthode de résolution exacte pour la version restreinte.

Notre approche s'appuie sur un modèle simple de programmation par contraintes, assurant la réalisabilité de la séquence des mouvements et basé sur la notion de configuration évoquée ci-dessus : il s'agit de déterminer une instantiation complète des variables entières x^k et ensembles S^k pour tout $k \in \{1, \dots, N\}$, sous les contraintes logiques de transition, liant localement $(x^k, S^k, x^{k+1}, S^{k+1})$, et les contraintes de capacité des piles, $\text{card}(S^k) \leq H$.

Afin de prendre efficacement en charge le critère d'optimisation, nous proposons d'agrémenter l'algorithme usuel de résolution – par propagation et backtracking – de différents composants à la manière d'un branch-and-bound : calcul de borne supérieure et stratégie de branchement inspirés de l'heuristique gloutonne de Caserta et al. [1], suppression de symétries (liées à la présence de plusieurs piles vides), calcul de borne inférieure étendant celle de Tang et al. [3].

Notre approche présente ainsi plusieurs innovations : intégration de composants d'optimisation dans l'algorithme de backtracking de programmation par contraintes (implémentés au-dessus du solveur Choco), calcul de borne inférieure par résolution d'un programme linéaire en nombres entiers à chaque noeud de l'arbre de décision (appel au solveur linéaire de Gurobi), enfin un algorithme de filtrage des valeurs sub-optimales basé sur les informations duales du programme linéaire. L'approche sera comparée expérimentalement aux meilleurs approches exactes récentes : de branch-and-price de Zehendner [4] sur les instances de [1] et de branch-and-bound de Tanaka et Takii [2] sur les instances de [5].

Références

- [1] M. Caserta, S. Schwarze, and S. Voß, A mathematical formulation and complexity considerations for the blocks relocation problem. *European Journal of Operational Research*, 219 :96–104, 2012.
- [2] S. Tanaka and Kenta Takii, A faster branch-and-bound algorithm for the block relocation problem. In *IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE/14)*, pages 7–12. IEEE, 2014.
- [3] L. Tang, Z. Ren, and L. Jiyin, Models and algorithms for shuffling problems in steel plants. *Naval Research Logistics (NRL)* 59(7) : 502-524, 2012.
- [4] E. Zehendner, *Operations management at container terminals using advanced information technologies*. PhD Diss. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 2013.
- [5] W. Zhu, H. Qin, A. Lim, and H. Zhang, Iterative deepening A* algorithms for the container relocation problem. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 9(4) :710–722, 2012. <http://www.zhuwb.com/crp>.