

N ° d'ordre: 4173



THÈSE

présentée à



L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX I

Ecole doctorale de Mathématiques et Informatique de Bordeaux

par

Cédric JONCOUR

pour obtenir le grade de

DOCTEUR

SPÉCIALITÉ MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES

*Problèmes de placement 2D et application à l'ordonnancement :
modélisation par la théorie des graphes et approches de
programmation mathématique*

Soutenue le 14 décembre 2010 à l'Institut de Mathématique de Bordeaux

Après avis de :

M. Mourad BAIYOU,	CR	LIMOS, Clermont Ferrand
M. Sylvain GRAVIER,	DR	Université de Grenoble
M. Frédéric MESSINE,	MCF	Université de Toulouse

Devant la commission d'examen:

M. Sylvain GRAVIER,	DR	Université de Grenoble	Rapporteur
M. Frédéric MESSINE,	MCF	Université de Toulouse	Rapporteur
M. Andrew MILLER,	PR	Université de Bordeaux	Président
M. Arnaud PECHER,	PR	Université de Bordeaux	Directeur
M. Francis SOURD,	Res	SNCF Innovation et Recherche	Examineur
M. François VANDERBECK,	PR	Université de Bordeaux	Directeur

Problèmes de placement 2D et application à l'ordonnancement : modélisation par la théorie des graphes et approches de programmation mathématique

Résumé

Le problème de placement sur deux dimensions consiste à décider s'il existe un rangement d'objets rectangulaires dans une boîte donnée. C'est un problème combinatoire difficile (à la complexité du respect des capacités s'ajoute celle du positionnement des objets). Dans cette thèse, nous considérons les variantes sans rotation des objets et avec ou sans optimisation de la valeur des objets placés.

Nous menons une étude exploratoire des méthodologies qui peuvent être développées à l'interface de la programmation mathématique, de l'optimisation combinatoire et de la théorie des graphes. Notre objectif est aussi de développer des approches non basées sur une discrétisation de la boîte, les plus performantes à l'heure actuelle.

Dans ce mémoire, nous effectuons d'abord une étude théorique des qualités de bornes qui peuvent être obtenues avec les différentes formulations classiques. Au cours de cette étude, nous renforçons certaines de ces formulations et en proposons de nouvelles formulations. Une étude qualitative des bornes issues de la relaxation linéaire des formulations testés sur des jeux d'instances classiques de la littérature confirme l'étude théorique. Cette étude permet de se rendre compte des facteurs déterminant la qualité des bornes et des enjeux à relever par la programmation mathématique.

Par la suite, nous avons développé et testé deux approches de résolution innovantes. L'une est basée sur la décomposition de Dantzig-Wolfe associée à un branchement sur les contraintes disjonctives de non recouvrement des objets. Cette approche a permis une amélioration des résultats obtenus par la programmation mathématique.

L'autre approche constitue en une approche combinatoire basée sur diverses caractérisations des graphes d'intervalles (modélisant le chevauchement des objets selon leur projection sur chaque axe). Un premier algorithme est basé sur l'énumération de matrices de uns-consécutifs. Un autre utilise des arbres étiquetés pour éliminer plus efficacement les cas de symétries entre placements. Ces approches ont l'avantage de ne pas dépendre d'une discrétisation du conteneur.

Mots-clefs : problèmes de placement, théorie des graphes, génération de colonnes, modèles mathématiques, étude de branchement, graphes d'intervalles

2D-orthogonal packing and scheduling problems: modelling by graph theory and mathematical approach

Abstract

The two dimensional orthogonal packing problem consists in deciding whether there exists a packing of rectangular items in a given bin. This is a hard combinatorial problem (in addition to capacity constraints, one has to face the complexity of item positioning). In this thesis, we consider the case without item rotation and with or without packing value optimization.

We explore methodologies at the interface of mathematical programming, combinatorial optimization and graph theory. Our aim is also to develop approaches not based on a bin discretization (i.e. an alternative to such methods that are currently the most effective).

In this work, we perform a theoretical study of the quality of bounds of different classical formulations. We tighten some formulations and we propose new formulations. We perform a numerical study to test bound quality on classical instances. This study permits to identify the determinant factor in the quality of mathematical programming formulations.

We develop and test two resolution approaches. The first is based on Dantzig-Wolfe decomposition associated with a branching on no-overlapping disjunctive constraints. This approach permits to improve results obtained by mathematical programming.

The second approach establish a combinatorial approach based on multiple interval graph characterization (modelling the item no-overlapping according to their projection on each axis). The first algorithm is based on consecutive ones matrices enumeration. An other use labelled tree to eliminate more efficiently symmetry in packing. These approaches have to advantage of being independent from bin discretization.

Keywords : orthogonal packing problems, graph theory, column generation, mathematical models, branching study, interval graph



Thèse soutenue le 14 décembre 2010

Institut de Mathématiques de Bordeaux
Université Bordeaux 1
351, cours de la Libération
33405 TALENCE cedex

Ecole doctorale de Mathématiques et
Informatique de Bordeaux
U.F.R. de Mathématiques et Informatique
Bâtiment A33

Remerciements

Voici les lignes que tout doctorant rêve d'écrire dès le début de sa thèse et aujourd'hui c'est mon tour. Et c'est avec la plus grande joie que j'écris ces quelques mots.

Je tiens en premier lieu à exprimer toute ma gratitude à mes deux directeurs de thèse, Arnaud Pêcher et François Vanderbeck, qui ont su m'apporter leur confiance et sans qui ces travaux n'auraient pas été réalisés. Je vous remercie pour tous les conseils, le soutien et la bonne humeur apportés au quotidien durant ces trois dernières années. Je vous suis totalement reconnaissant.

Je remercie aussi Mourad Baiou, Frédéric Messine et Sylvain Gravier pour le temps passé à rapporter cette thèse. Leurs remarques constructives m'ont permis d'améliorer ce mémoire. Je vous témoigne ma plus grande reconnaissance.

J'ai été honoré par la présence à ma soutenance de Francis Sourd. Je le remercie d'avoir accepté d'examiner ma thèse en intégrant mon jury.

Je remercie grandement Andrew Miller d'avoir accepté de présider mon jury de thèse. J'en profite également pour remercier chaudement les personnes composant mon équipe de recherche. Leurs lumières m'ont permis de développer mes connaissances dans le domaine de la recherche. Je remercie plus particulièrement Pierre Pesneau qui m'a prodigué de nombreux conseils au cours de ma thèse.

Je remercie aussi mes collègues chercheurs membres de l'IMB, du Labri et de l'INRIA. Ce fut un plaisir de travailler à vos côtés. Je tiens à remercier plus particulièrement mes amis doctorants qui m'ont apporté beaucoup. Je pense plus particulièrement à Damiano, Jean-Baptiste, Johanna, Joyce, Karen, Marco, Michele, Peng, Vanessa et Xiong. Je remercie aussi les non-doctorants Adrien, Céline, Frédéric, Franck ainsi qu'Eva. En écrivant ces lignes, je repense aux nombreux fous-rires qui ont jallonné notre parcours. Je remercie aussi Petru avec qui ce fut un plaisir de travailler et Pascal dont la collaboration au bureau de l'association des doctorants fut fort agréable. Enfin, je remercie de tout mon cœur les collègues de bureau que j'ai eu la chance de cotoyer durant ces années. Merci Aurélie, Jade et Ludivine... Les moments passés ensemble resteront graver dans ma mémoire.

Mes remerciements s'adressent aussi aux secrétaires de l'IMB, de l'INRIA et de l'UFR qui m'ont toujours apporté leur soutien et leur bonne humeur. En particulier, Annie, Brigitte, Catherine, Karine, Marie Christine, Nathalie et Patricia. Je remercie aussi les ingénieurs que j'ai tant de fois dérangés. Merci Christian, Jacques, Kodor, Philippe, Rémi, Sandrine et Sylvain. Enfin, je remercie les personnes responsables de l'entretien de l'IMB et les personnels du domaine du haut-carré pour leurs gentilleses.

Je tiens à adresser mes plus chaleureux remerciements à mes amis de master, Amélie, Céline et Suzy qui m'ont apporté un soutien constant au cours de cette thèse.

Pour finir, je remercie ma famille. Rien n'est possible sans vous.

Merci à tous et à bientôt sous d'autres horizons !! ☺