

Rapport final  
Projet INRIA-CONICYT  
Résolution de problèmes d'optimisation par des  
techniques de recherche locale avec contrôles des  
paramètres

Bertrand Neveu  
Gilles Trombettoni  
Projet COPRIN, INRIA-CERTIS, Sophia Antipolis

8 octobre 2007

## 1 Participants au projet

- Les 2 équipes participant au projet INRIA-CONICYT sont les suivantes :
- Equipe française : Bertrand Neveu, Gilles Trombettoni, projet COPRIN, INRIA-CERTIS, Sophia-Antipolis
  - Equipe chilienne : Maria-Cristina Riff, Xavier Bonnaire, équipe COMET, Université technique Santa Maria. Valparaiso

## 2 Séjours de recherche

### 2.1 séjours 2006

Gilles Trombettoni et Bertrand Neveu ont effectué un séjour de 3 semaines en mai-juin dans l'équipe COMET à l'Université Technique Federico Santa Maria à Valparaiso. Ils ont acquis l'expérience de l'équipe COMET sur le placement de rectangles. Les deux équipes ont alors choisi le problème concret de découpe de rectangles sur lequel les différentes techniques allaient être expérimentées. Bertrand Neveu et Gilles Trombettoni ont commencé pendant ce séjour un développement logiciel commun sur ce problème de découpe avec Ignacio Araya, un étudiant en magister de l'équipe COMET.

La collaboration s'est poursuivie lors du séjour de 3 semaines effectué en juillet dans le projet COPRIN à Sophia-Antipolis par Maria-Cristina Riff et Xavier Bonnaire où les deux parties ont développé et implanté complètement leurs méthodes de résolution pour le problème de la découpe de rectangles et comparé les premiers résultats obtenus sur la base d'exemple tests choisis.

## 2.2 séjours 2007

Gilles Trombettoni et Bertrand Neveu ont effectué un séjour de 3 semaines en mai-juin 2007 dans l'équipe COMET à l'Université Technique Federico Santa Maria à Valparaiso. Lors de ce séjour, les deux équipes ont confronté les résultats obtenus par les deux méthodes et ont défini une nouvelle méthode hybride combinant ces deux approches, hyperheuristique et recherche locale. Pendant ce séjour au Chili, Bertrand Neveu a été rapporteur et a participé au jury de magister de deux étudiants de l'équipe COMET (Daniel Basterrica et Elizabeth Montero).

Xavier Bonnaire et Maria-Cristina Riff ont effectué un séjour de 3 semaines en septembre dans le projet COPRIN à Sophia-Antipolis par Maria-Cristina Riff et Xavier Bonnaire. Lors de ce séjour, la méthode hybride a été implantée et un programme de réglage automatique du temps alloué à chaque méthode a été défini.

Ignacio Araya a soutenu sa thèse de magister en janvier 2007 et depuis février 2007 fait partie du projet COPRIN à Sophia-Antipolis pour effectuer une thèse de doctorat sous la direction de Bertrand Neveu et Gilles Trombettoni.

## 3 Aspects scientifiques

### 3.1 Problème choisi : découpe de rectangles

Le problème choisi comme application de nos méthodes d'optimisation combinatoire est la découpe de rectangles sur une bande de largeur fixe et de longueur infinie (strip packing). L'énoncé en est le suivant : étant donné un ensemble de  $N$  rectangles de longueur et largeur données, découper ces rectangles sur une bande de largeur fixée en minimisant la longueur de bande utilisée. Deux variantes de ce problème sont définies selon que l'orientation des rectangles est une donnée ou doit être déterminée.

Ce problème est NP-difficile et les approches complètes sont limitées à des problèmes de taille réduite. Ce problème a été largement étudié ces dernières années et de nombreuses méthodes incomplètes ont été développées. La plupart des algorithmes étudiés sont basés sur l'application d'heuristiques gloutonnes de placement (Bottom Left Fit, Best Fit).

Les algorithmes qui ont les meilleurs résultats sont basés soit sur une séquence d'application de ces heuristiques avec différents ordres, les meilleurs ordres étant déterminés par une métaheuristique ou un algorithme génétique, soit par un algorithme de type GRASP qui répète l'application d'une heuristique de placement avec quelques choix aléatoires suivie d'une phase d'amélioration stricte de type VNS, soit enfin par un algorithme génétique manipulant directement une configuration de rectangles placés.

## 3.2 Travaux réalisés

L'équipe COPRIN a voulu résoudre ce problème par un algorithme simple de recherche locale utilisant un voisinage le plus incrémental possible et une métaheuristique générale. Nous avons pour cela défini en collaboration avec Ignacio Araya de COMET une structure de données permettant un ajout et un retrait incrémental de rectangles. Les premiers résultats encourageants d'une implantation de cette méthode dans le bibliothèque logicielle INCOP du projet COPRIN ont fait l'objet de communications au congrès ROADEF 2007 à Grenoble [4], aux journées JFPC à Rocquencourt [5] et vont être présentées au congrès international ICTAI 2007 à Patras (Grèce) et publiées dans les actes de ce congrès [6].

D'autre part, l'équipe COMET a présenté un article sur ses recherches sur ce problème en utilisant un algorithme génétique à NMA 2006 à Borovets, Bulgarie [1]. Elle a ensuite développé une hyperheuristique qui mélange plusieurs heuristiques gloutonnes de placement. Ainsi pour un problème de placement, l'hyperheuristique va placer  $n_1$  rectangles avec l'heuristique  $H_1$ , puis  $n_2$  avec  $H_2$ , etc jusqu'à ce que tous les rectangles soient placés. Le but de l'hyperheuristique est de déterminer, pour chaque instance, la séquence d'heuristiques de placement et les rectangles alloués à chaque heuristique. Les premiers résultats de cette recherche sur le problème de la découpe de rectangles ont fait l'objet d'une communication commune à l'EUmeeting sur les métaheuristiques à Malaga (Espagne)[2], puis d'un chapitre de livre publié dans la collection Studies on Computational Intelligence de Springer [3].

En 2007, les deux équipes ont défini une méthode hybride qui combine les deux approches à base d'hyperheuristiques et de recherche locale qui sont appelées en séquence. Dans un premier temps, l'hyperheuristique construit rapidement une bonne solution qui est ensuite améliorée par de la recherche locale. Les premiers résultats obtenus sont encourageants et montrent que cette coopération fournit une méthode plus robuste que chaque méthode (hyperheuristique ou recherche locale) appliquée individuellement.

Nous souhaitons poursuivre cette collaboration dans un nouveau projet portant sur le problème des tournées de véhicules.

## Références

- [1] Maria Cristina Riff, Teddy Alfaro, Xavier Bonnaire et Carlos Grandon : an evolutionary algorithm for a Mine-Planning problem, Numerical Methods and Applications, NMA'2006, Boroviets, Bulgarie, août 2006.
- [2] Ignacio Araya, Bertrand Neveu and Maria-Cristina Riff : toward an efficient hyperheuristic for Strip Packing Problems, EU-Meeting'2006, Malaga, Espagne, novembre 2006.
- [3] Ignacio Araya, Bertrand Neveu and Maria-Cristina Riff : an efficient hyperheuristic for strip packing problems, chapitre de livre dans la collection

Studies on Computational Intelligence, réd. Carlos Cotta, Springer, à paraître.

- [4] Bertrand Neveu, Gilles Trombettoni, Ignacio Araya : Recherche locale pour la découpe de rectangles, Actes du congrès ROADEF 2007, pages 43-44, Grenoble, février 2007.
- [5] Bertrand Neveu, Gilles Trombettoni, Ignacio Araya : Un mouvement incrémental pour le problème du strip-packing, actes des journées JFPC 2007, Rocquencourt, pages 347-356, juin 2007.
- [6] Bertrand Neveu, Gilles Trombettoni, Ignacio Araya : Incremental Move for Strip Packing, actes du congrès IEEE ICTAI 2007, Patras, Grèce, octobre 2007.