

Méthodes hybrides pour l'optimisation combinatoire
Application au « Multi-choice Multi-dimensional Knapsack Problem »

Direction de thèse : Jin-Kao HAO, LERIA, Université d'Angers, 2 Boulevard Lavoisier, 49045 Angers
 tél: 02 41 73 50 76, email : jin-kao.hao@univ-angers.fr, web : www.info.univ-angers.fr/pub/ha0
Co-direction : Eric PINSON (IMA – LISA, Angers)

Début de thèse souhaité : Septembre 2011

Position du problème

En optimisation combinatoire, les méthodes exactes (complètes) et les méthodes approchées (incomplètes) représentent deux grandes approches de résolution qui possèdent des caractéristiques différentes dont certaines sont complémentaires. Une méthode exacte est en théorie capable de trouver une solution optimale et de démontrer l'optimalité. Mais, le temps nécessaire pour atteindre l'optimalité peut devenir prohibitif quand l'espace des solutions du problème ne s'apprête pas à une énumération efficace et complète de toutes les solutions candidates. D'un autre côté, les méthodes approchées comme les métaheuristiques exploitent sélectivement une partie de l'espace de recherche pour espérer trouver une solution de bonne qualité sans se préoccuper de son optimalité.

Dans ce projet, nous nous proposons d'étudier des possibilités de créer des méthodes hybrides capables de tirer profit des avantages offerts par les deux approches, en se basant sur l'étude du « Multi-choice Multi-dimensional Knapsack Problem –MMKP » qui est une des généralisation du problème de knapsack standard.

Dans le problème MMKP, un ensemble d'objets sont partitionnés en p groupes J_1, J_2, \dots, J_p , et un sac-à-dos caractérisé par un vecteur de capacités (b^1, b^2, \dots, b^m) . Chaque objet j du groupe J_i est quant à lui caractérisé par un profit w_{ij} et un encombrement a_{ij}^k sur chacune des m composantes de capacité (dimension) du sac-à-dos. L'objectif est ici de sélectionner un et un seul objet de chaque groupe en respect des différentes contraintes de capacité et dans l'objectif de maximiser le profit global :

$$[MMKP]: \max \sum_{i \in]p]} \sum_{j \in J_i} w_{ij} x_{ij}$$

$$Sc \left\{ \begin{array}{l} \forall i \in]p], \sum_{j \in J_i} x_{ij} = 1 \\ \forall k \in]m], \sum_{i \in]p]} \sum_{j \in J_i} a_{ij}^k x_{ij} \leq b^k \\ \forall i \in]p], \forall j \in J_i, x_{ij} \in \{0, 1\} \end{array} \right.$$

Ce problème est NP-difficile au sens fort et par conséquent représente un réel défi du point de vue algorithmique. De nombreuses approches Heuristiques/méta-heuristiques ou exactes ont été proposées pour sa résolution (c.f. Bibliographie).

Ce problème d'optimisation combinatoire est éminemment central car il constitue une composante générique pour plusieurs approches de la programmation mathématique. Il possède également de très nombreuses applications pratiques.

Proposition d'axes de recherche :

Dans ce projet, nous nous proposons d'investiguer différentes méthodes de résolution couvrant des métaheuristiques, des méthodes exactes et des méthodes hybrides (notamment combinant la résolution exacte et la résolution heuristique) (c.f. Bibliographie). Nous chercherons à atteindre deux objectifs principaux.

L'objectif de base consiste à faire avancer l'état de l'art sur la résolution du problème MMKP par le développement de nouveaux algorithmes compétitifs, validés sur des benchmarks de la littérature. Le deuxième objectif vise à généraliser des avancées obtenues sur le MMKP pour aboutir à des résultats généraux, i.e. de nouvelles méthodes génériques applicables à d'autres problèmes combinatoires.

Bibliographie :

1. C. Cotta, J. M. Troya. Embedding branch and bound within evolutionary algorithms. *Applied Intelligence*, 18:137–153, 2003.
2. B. Détienne, L. Péridy, E. Pinson, D. Rivreau, Cut generation for an employee timetabling problem. *European Journal of Operational Research* 97: 1178 – 1184, 2009.
3. O. Guyon, P. Lemaire, E. Pinson, D. Rivreau, Cut generation for an integrated employee timetabling and production scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 201: 557- 567, 2010.
4. R.P. Hernandez, N. J. Dimopoulos. A new heuristic for solving the multichoice multidimensional knapsack problem. *Systems, Man and Cybernetics, Part A, IEEE Transactions*, 35(5) :708-717, 2005.
5. J.K. Hao, U. Benlic. Lower Bounds for the ITC-2007 Curriculum-Based Course Timetabling Problem. *European Journal of Operational Research*, 212(3): 464-472, 2011.
6. M. Hifi, M. Michrafy, A. Sbihi. A reactive local search-based algorithm for the multiple-choice multi-dimensional knapsack problem. *Computational Optimization and Applications*, 33 :271-285, 2006.
7. G. Klau, I. Ljubic, A. Moser, P. Mutzel, P. Neuner, U. Pferschy, G. Raidl, R. Weiskircher. Combining a memetic algorithm with integer programming to solve the prize-collecting Steiner tree problem. In K. Deb et al (Eds), *Genetic and Evolutionary Computation*, volume 3102 of LNCS, pages 1304–1315, 2004.
8. K. Konstantinos, N. Letchford. Local and global lifted cover inequalities for the 0-1 multidimensional knapsack problem. *European journal of operational research*, 186(1) : 91-103, 2008.
9. Z. Lü, F. Glover, J.K. Hao. A hybrid metaheuristic approach to solving the UBQP problem. *European Journal of Operational Research* 207(3): 1254-1262, 2010.
10. Z. Lü, J.K. Hao. A memetic algorithm for graph coloring. *European Journal of Operational Research* 203(1): 241-250, 2010.
11. R. Nauss. The 0-1 knapsack problems with multiple choice constraint. *European Journal of Operational Research* 2:125-131, 1978.
12. C. Oliva, P. Michelon, C. Artigues. Constraint and linear programming : Using reduced costs for solving the zero/one multiple knapsack problem. In *International Conference on Constraint Programming, Workshop on Cooperative Solvers in Constraint Programming (CoSolv 01)*, Paphos, Cyprus, pages 87_98, 2001.
13. D. Pisinger. An exact algorithm for large multiple knapsack problems. *Journal of Operational Research*, 114:528-541, 1999.
14. D. Sbihi. A best first search exact algorithm for the multiple-choice multidimensional knapsack problem. *Journal of Combinatorial Optimization*, 13 :337-351, 2007.
15. Y. Toyoda. A simplified algorithm for obtaining approximate solution to zero-one programming problems. *Management Science*, 21 :1417-1427, 1975.
16. M. Vasquez, J.K. Hao, Une approche hybride pour le problème de sac-à-dos multidimensionnel. *RAIRO Operational Research* 35(4): 415-438, 2001.
17. M. Vasquez, J.K. Hao, Upper bounds for the SPOT 5 daily photograph scheduling problem. *Journal of Combinatorial Optimization* 7(1): 87-103, 2003.
18. M. Yagiura, T. Ibaraki. The use of dynamic programming in genetic algorithms for permutation problems. *European Journal of Operational Research*, Volume 92, Issue 2, Pages 387-401, 1996.

Financement et Candidature

Cette thèse est entièrement financée par le projet « [LigeRO](#) » sous forme d'une Allocation de Recherche Régionale « Pays de La Loire » (équivalent à une Allocation Ministérielle) d'une durée de trois ans. Cette allocation pourrait être complétée par un poste de Monitorat au sein du Département d'informatique de l'Université d'Angers.

Les candidatures sont à envoyer au plus tôt possible à : hao@info.univ-angers.fr (LERIA, Université d'Angers) et pinson@uco.fr (IMA – LISA Angers) avec 1) CV détaillé indiquant le classement et la mention, 2) relevé des notes du Master, 3) lettre de motivation, 4) nom d'un référant, et 5) éventuelles recommandations.