

Recherche locale et propagation de contraintes pour résoudre les problèmes d'Open Shop

Narendra Jussien

École des Mines de Nantes – La Chantrerie

4 rue Alfred Kastler – F-44307 Nantes Cedex 03 – France

email : Narendra.Jussien@emn.fr

Le problème d'Open Shop est un problème classique d'ordonnancement particulièrement difficile : des instances de tailles 6×6 restent ouvertes. Seules quelques méthodes exactes ont été proposées pour ce problème et plusieurs méta-heuristiques dont trois particulièrement efficaces : deux méthodes taboues [Alcaide *et al.*, 1997; Liaw, 1998] et un algorithme génétique [Prins, 1999].

Nous proposons ici une technique de recherche locale [Jussien et Lhomme, 2000] appliquée à l'Open Shop qui permet de travailler sur des solutions partielles (et donc d'utiliser des techniques de propagation de contraintes) contrairement aux recherches locales classiques. Cette nouvelle technique d'hybridation peut être analysée comme une technique de réparation d'un *chemin de décisions* menant vers une solution plutôt qu'une réparation habituelle de la solution elle-même.

L'originalité de l'approche est duale : **d'une part** nous travaillons sur des solutions partielles permettant ainsi de rejeter de larges portions de l'espace de recherche en un seul mouvement grâce aux techniques de filtrage issues de la programmation par contraintes et **d'autre part**, nous utilisons l'information générée par le passé de l'exploration (en particulier l'identification de parties de l'espace de recherche inintéressantes) pour diriger la suite de la recherche. Nous utilisons pour cela la notion d'explication : il s'agit de conserver une trace limitée (l'approche reste polynomiale en espace) de la raison de chaque action du solveur de contraintes. Cette notion tend à rendre explicite la connaissance *embarquée* dans un solveur de contraintes.

Notre technique est une approche générique basée sur trois paramètres principaux : la technique de **filtrage** utilisée, une fonction d'**extension** d'une solution partielle par ajout de nouvelles contraintes (de précédences dans le cas de l'Open Shop) *i.e.* un schéma de séparation et une fonction de **voisinage** (dirigée par l'information acquise par le passé).

Nous avons spécialisé notre algorithme au cas de l'Open Shop en utilisant en particulier les travaux sur les *task interval* [Caseau et Laburthe, 1994] pour réaliser les opérations de filtrage, le schéma de séparation de Grabowski pour la fonction d'extension et une heuristique utilisant la fréquence d'apparition des décisions dans les explications d'un échec pour la fonction de voisinage.

Nous avons testé notre approche sur trois séries d'instances d'Open Shop : une série proposée par Taillard, une autre proposée par Brucker et enfin une série d'instances particulièrement difficiles proposée récemment dans [Guéret et Prins, 1999].

Nos résultats montrent que notre approche est largement concurrentielle par rapport à des heuristiques *ad hoc* (en particulier les trois pré-citées). Plus encore, elle est nettement meilleure que les autres approches dans le cas des instances difficiles puisque nous avons fermé 4 instances et améliorées 9 autres dans la série proposée par [Guéret et Prins, 1999].

Mots Clés : programmation par contraintes, recherche locale, Open Shop

[Alcaide *et al.*, 1997] David Alcaide, Joaquín Sicilia, et Daniele Vigo. A tabu search algorithm for the open shop problem. *TOP: Trabajos de Investigación Operativa*, 5(2):283–296, 1997.

[Caseau et Laburthe, 1994] Yves Caseau et François Laburthe. Improving ctp scheduling with task intervals. In P. Van Hentenryck, éditeur, *Proc. of the 11th International Conference on Logic Programming, ICLP'94*, pages 369–383. MIT Press, 1994.

[Guéret et Prins, 1999] Christelle Guéret et Christian Prins. A new lower bound for the open-shop problem. *AOR (Annals of Operations Research)*, 92:165–183, 1999.

[Jussien et Lhomme, 2000] Narendra Jussien et Olivier Lhomme. Local search with constraint propagation and conflict-based heuristics. In *Seventh National Conference on Artificial Intelligence – AAAI'2000*, pages 169–174, Austin, TX, USA, Août 2000.

[Liaw, 1998] Ching-Fang Liaw. A tabu search algorithm for the open shop scheduling problem. *Computers and Operations Research*, 26, 1998.

[Prins, 1999] Christian Prins. Competitive genetic algorithms for the open shop scheduling problem. Research report, École des Mines de Nantes, 99/1/AUTO, 1999.