Formalisation linéaire d'un job-shop avec un seul robot de capacité non unitaire

Mohand Larabi[1,2] , Philippe Lacomme[1] et Nicolay Tchrnev[1,2]

[1] Université Blaise Pascal, LIMOS, Campus des Cézeaux, BP 10125, 63177 Aubière Cedex, France.
{larabi,placomme,tchernev}@isima.fr
[2] Université d'Auvergne, CRCGM, IUP Management et gestion des entreprises, France
26 AV, Léon Blum BP 273, 63008 Clermont-Ferrad CEDEX 1

Résumé : *Cet article est consacré à l'étude d'une extension du problème du job-shop, dans lequel le transport des jobs entre les machines est pris en compte. Plus particulièrement on s'intéresse au job-shop avec un seul transporteur de capacité non unitaire. Pour la formalisation du problème nous proposons une modèle linéaire en nombres entiers. Nous proposons des instances de tailles variables (de 40 opérations à 280 opérations) que nous utilisons comme jeu d'essai. L'étude numérique montre qu'il est possible de résoudre optimalement les petites instances, mais que seules des bornes inférieurs sont accessibles en temps raisonnable pour les instances de plus de 40 opérations.*

Mots-Clés : *Job-Shop, Progammation linéaire, transport, robot.*

1 Introduction

Le problème du job-shop avec transport consiste à ordonnancer un ensemble de n jobs $J = \{J_1, J_2, .., J_n\}$ sur un ensemble de m machines $M = \{M_1, M_2, .., M_m\}$. Ces jobs sont transportés par un seul robot de capacité non unitaire. Chaque job J_i est ensemble ordonné de n_i opérations notées $O_i^1, O_i^2, .., O_i^{n_i}$. A chaque opération machine O_i^j est associée un temps de traitement $p_{i,j}$. Une machine μ_i ne peut exécuter sans préemption qu'un job à la fois, de même chaque job ne peut s'exécuter que sur une et une seule machine à la fois. Les temps de transport doivent être pris en compte à chaque fois qu'un job change de machine pour réaliser sa prochaine opération. Le transport entre deux machines est réalisé par un robot de capacité non unitaire. $t_{i,j}^k$ est le temps de transport du robot de la machine μ_i vers la machine μ_j avec k représentant le nombre de jobs transportés, $k = \{0, 1, ..K\}$. Les stocks d'entrée/sortie des machines sont de capacité infinie. L'objectif est de trouver un ordonnancement qui minimise le makespan $C_{max} = Max_{j \in J} \{C_j\}$ où C_j représente la fin d'exécution de la dernière opération du job j.

De nombreuses études tendent à inclure le transport, lors de la modélisation et de la résolution des problèmes d'ordonnancement, en se ramenant à des problèmes de flow-shop ou de job-shop. Le problème du job-shop avec transport avec un seul robot est traité notamment dans [1],[2], [3] et [4]. Les travaux de Hurink et Knust [3] introduisent une modélisation sous la forme d'un graphe disjonctif. Le problème du job-shop avec transport avec plusieurs robots est traité dans [5, 6, 7, 8]. Notre article est consacré au job-shop avec un robot disposant d'une capacité de chargement supérieure à un.

2 Formalisation et résolution du problème

La formalisation linéaire du problème conduit à un modèle très complexe. Cette complexité s'explique par la généralisation des contraintes disjonctives usuelles du job-shop en incluant de nouvelles contraintes prenant en compte le robot et sa capacité non unitaire. Le modèle ainsi obtenu constitue à notre connaissance la première formalisation linéaire d'un job-shop avec un seul robot de capacité non unitaire. Ce modèle comprend un grand nombre de variables binaires rendant difficile sa résolution dans des temps raisonnables. Toutefois ce modèle fournit des solutions optimales pour des instances de petite taille (inférieure ou égale à 40 opérations) et donne des bornes inférieures et supérieures pour les autres instances. Notre modèle a le mérite de donner des points de comparaisons pour les méthodes approchées de résolution comme par exemple la méthode proposée dans [9].

3 Conclusion

Cet article aborde le problème du job-shop avec transport avec un robot de capacité non unitaire pour lequel nous proposons une formalisation linéaire. Le problème linéaire est à la fois un outil opérationnel et stratégique puisqu'il permet de s'intéresser au dimensionnement de la capacité du robot. Actuellement on travaille sur le problème du job-shop avec plusieurs robots de capacité non unitaire.

Références

[1] S. Knust. Shop-scheduling problems with transportation. *Dissertation, Fachbereich Mathematik/Informatik, Universität Osnabrück*, 1999.

[2] J. Hurink and S. Knust. A tabu search algorithm for scheduling a single robot in a job-shop environment. *European Journal of Operational Research*, 119 :181–203, 2002.

[3] J. Hurink and S. Knust. Tabu search algorithms for job-shop problems with a single transport robot. *European Journal of Operational Research*, 162 :99–111, 2005.

[4] A. Caumond, P. Lacomme, A. Moukrim, and N. Tchernev. A milp for scheduling problems in an fms with one vehicle. *European Journal of Operational Research*, 199 :706–722, 2009.

[5] P. Lacomme, M. Larabi, and N. Tchernev. A disjunctive graph for the job-shop with several robots. *MISTA Conference*, pages 285–292, 2007.

[6] P. Lacomme, M. Larabi, and N. Tchernev. System generation schedules for transportation problem in job-shop environment. *COSI Conference*, pages 381–392, 2008.

[7] P. Lacomme, M. Larabi, and N. Tchernev. Job-shop with several robots : graph modelling and resolution. *submited to Computers & Operations Research*, 2009.

[8] P. Lacomme, M. Larabi, and N. Tchernev. Simultaneous scheduling of machines and automated guided vehicles : graph modeling and resolution. *IESM Conference*, 2009.

[9] P. Lacomme, M. Larabi, and N. Tchernev. Job-shop avec un transporteur a capacité non unitaire. *ROADEF*, pages 77–78, 2009.