

Une méta-heuristique pour un ordonnancement juste à temps d'un atelier flow-shop hybride

Safa Khalouli, Fatima Ghedjati, Abdelaziz Hamzaoui

CRESTIC-URCA, UFR Sciences Exactes et Naturelles Moulin de la Housse,
BP 1039, 51687 Reims cedex 2, France
{safa.khalouli, fatima.ghedjati, abdelaziz.hamzaoui}@univ-reims.fr

Mots-Clés : *ordonnancement, flow-shop hybride, méta-heuristique, avance/retard.*

Dans cet article, nous considérons la résolution d'un problème d'ordonnancement de type flow-shop hybride (FSH). Ce problème constitue un modèle théorique pour résoudre des problèmes issus directement du monde industriel. Formellement il est défini par un ensemble de n travaux à ordonnancer à travers E étages consécutifs de production dans le même ordre, en commençant à l'étage 1 jusqu'au dernier étage E . Chaque étage j est composé d'un ensemble $M_j = (M_{j1}, \dots, M_{jm_j})$ de m_j ($m_j \geq 1$) machines identiques en parallèle, tel qu'au moins l'un de ces étages est composé de plus d'une machine. Chaque travail i est composé d'une suite d'opérations O_{ij} ($1 \leq i \leq E$) ne s'exécutant que sur une machine à choisir parmi M_j sur chacun des étages. La durée opératoire de l'opération O_{ij} sur une machine $k \in M_j$ est notée p_{ij} . De même une opération O_{ij} ne peut commencer que si l'opération précédente $O_{i,j-1}$ est terminée. Résoudre un tel problème revient donc à trouver un ordonnancement réalisable pour exécuter les n travaux sur les machines tout en respectant les contraintes de précédence entre les opérations d'un même travail. Le problème consiste donc à affecter une machine à chaque opération et à déterminer l'ordre dans lequel les opérations doivent être séquencées sur les machines retenues afin de minimiser une fonction objectif donnée. Dans le cadre de notre étude, nous nous intéressons à la minimisation simultanée des coûts d'avance et de retard notée par la relation suivante :

$$ET = \sum_{i=1}^n (E_i + T_i) \quad (1)$$

où $E_i = \max\{0, (d_i - C_i)\}$ est l'avance du travail i , et par contre $T_i = \max\{(C_i - d_i), 0\}$ représente son retard, C_i étant la date d'achèvement du travail i et d_i sa date de fin souhaitée (ou date d'échéance). ET est un critère qui englobe une catégorie de problèmes ayant pour but de compléter chaque travail le plus proche possible de d_i . C'est un critère d'optimisation non régulier fondé sur les dates d'échéances des travaux [3] traduisant la volonté de produire juste-à-temps(JAT). Il permet de présenter un compromis entre le coût dû au stockage et celui dû à la non délivrabilité à temps des produits. Ce problème d'ordonnancement est NP-difficile puisque le problème d'ordonnancement FSH mono-critère, composé de deux étages où au moins deux machines sont disponibles dans l'un des étages avec la minimisation de la durée totale de l'ordonnancement, est déjà NP-difficile [2]. En outre, le critère ET avec des dates d'échéances distinctes induit généralement des problèmes NP-difficiles [4]. Il est donc peu probable de trouver une solution optimale sans l'utilisation d'un algorithme énumérative mais avec un temps de calcul qui augmente exponentiellement avec la taille du problème. Par conséquent, le développement de méthodes heuristiques et/ou méta-heuristiques qui permettent de trouver des solutions acceptables en un temps raisonnable est bien justifié.

Nous proposons une méta-heuristique à base d'un algorithme de colonie de fourmis pour résoudre ce problème d'ordonnancement FSH. Cette méta-heuristique utilise la structure de la méthode sys-

tème de colonie de fourmis (ACS). L'idée de base consiste à travailler sur une population de solutions, chacune correspondant à une fourmi en utilisant une structure de données partagée par toutes les fourmis. Cette structure se base, d'une part, sur des informations représentant les quantités de phéromones accumulées dans l'espace des solutions, et d'autre part, sur des informations propres au problème considéré via l'heuristique de visibilité. L'ACS est donc une méta-heuristique de construction aléatoire qui effectue des décisions probabilistes fonction des quantités de phéromones artificielles et d'une heuristique de visibilité liée au problème à résoudre. Ainsi, il est important pour utiliser une telle approche de préciser les différents composants la constituant : la modélisation de la phéromone, de la visibilité et des mécanismes de mise à jour des quantités de phéromones. De même, deux points essentiels doivent être traités pour des problèmes d'ordonnancement multi-machines : la partition des travaux sur les machines et le séquençement des travaux au sein de chaque machine, dont nous devons en tenir compte dans la conception de notre algorithme. Des heuristiques constructives issues de la littérature [5] et dédiées à la résolution des problèmes d'ordonnancement flow-shop avec la minimisation du critère ET, sont adaptées dans notre algorithme. En effet, la visibilité utilise ces dernières dans le but de guider la procédure en introduisant des informations liées à l'état d'avancement partiel de l'ordonnancement à un instant donné. Il s'agit en quelque sorte d'une technique d'hybridation des heuristiques et de l'ACS qui se différencie de celle récemment proposée dans la littérature [1]. Cette dernière se base sur la structure Min-Max système de fourmis utilisant uniquement les quantités de phéromones accumulées dans l'espace des solutions. Elle intègre une recherche à voisinage variable et une méthode recuit simulé dans le but d'améliorer les solutions trouvées.

Pour tester l'efficacité de notre algorithme, nous avons généré de manière aléatoire, un nombre d'instances traitant jusqu'à 100 travaux. Les résultats montrent que notre approche donne des résultats intéressants. Des améliorations allant jusqu'à 30% ont été obtenues par rapport aux meilleures solutions données par l'application des heuristiques de construction considérées.

Remerciements

Ce travail a été développé dans le cadre du projet CPER-MOSYP et soutenu par la Région Champagne Ardenne et le Fonds Européen FEDER.

Références

- [1] J. Behnamian, S.M.T. Fatemi Ghomi and M. Zandieh. Development of a hybrid metaheuristic to minimise earliness and tardiness in a hybrid flowshop with sequence-dependent setup times. *International Journal of Production Research*, 48(5):1415–1438, 2010.
- [2] J. N. D. Gupta. Two stage hybrid flowshop scheduling problem. *Journal of Operational Research Society*, 39:359–364, 1988.
- [3] J. N. D. Gupta, K. Krüger, V. Lauff, F. Werner and Y. N. Sotskov. Heuristics for hybrid flow shops with controllable processing times and assignable due dates. *Computers and Operations Research*, 29:1417–1439, 2002.
- [4] Y. Hendel and F. Sourd. An improved earliness–tardiness timing algorithm. *Computers and Operations Research*, 34:2931–2938, 2007.
- [5] C. Rajendran and K. Alicke. Dispatching in flowshops with bottleneck machines. *Computers and Industrial Engineering*, 52:89–106, 2007.