

Approche recuit simulé multiobjectif pour un problème d'ordonnancement industriel

Quentin Perrachon^{1,2}, Alexandru-Liviu Olteanu¹, Marc Sevaux¹

¹ Lab-STICC, UMR 6285, CNRS, Université Bretagne Sud, Lorient, France
{quentin.perrachon,alexandru.olteanu,marc.sevaux}@univ-ubs.fr

² HERAKLES, Vannes, France

Mots-clés : *flexible job shop, industrial problem, metaheuristics, simulated annealing*

1 Introduction

Dans le cadre d'une thèse CIFRE, notre partenaire industriel souhaite fournir des solutions d'ordonnancement à des industries de petite à moyenne taille. En raison des nombreuses et complexes contraintes industrielles de notre problème, une approche métaheuristic mono-objectif a déjà été développée à base d'un recuit simulé. Pour fournir des solutions plus adaptées à la problématique de nos clients, nous souhaitons utiliser une approche multiobjectif. Avec cette stratégie, nous présentons une approche à base de recuit simulé multiobjectif (MOSA) pour un problème d'ordonnancement industriel. Le problème que nous considérons est basé sur le problème de job shop flexible. Les deux principales contraintes supplémentaires considérées sont les suivantes :

Multi-ressource : chaque opération peut avoir besoin de plusieurs ressources ;

Ressources partiellement nécessaire : certaines ressources assignées à une opération peuvent ne pas être nécessaires durant toute la durée de l'opération.

2 Méthode de résolution

2.1 Voisinages

Suite à des travaux de modélisation pour prendre en compte l'ensemble de nos contraintes, une modélisation sous forme de graphe orienté acyclique a été retenue pour représenter les solutions de notre problème. Étendant des travaux existants sur les représentations en graphes disjonctifs, un voisinage à base de réinsertion d'opérations sur ce graphe est proposé. Cependant, ce voisinage a des limitations, car après avoir filtré les mouvements menant à des solutions infaisables (cycle dans le graphe), la taille du voisinage reste très élevée. Une exploration exhaustive du voisinage n'est donc pas envisageable, et des expérimentations ont montré qu'une exploration aléatoire n'est pas suffisamment efficace. Pour des critères réguliers, nous pouvons déterminer des conditions pouvant nous garantir qu'un mouvement ne peut pas améliorer une solution. Par exemple, le makespan d'une solution ne peut être amélioré qu'à partir de mouvement impactant une opération sur le chemin le plus long de son graphe. Ces conditions sont construites à partir des chemins critiques calculés au sein de la solution initiale et ne demandent pas d'appliquer le mouvement ou de décoder la solution voisine. Cela permet de filtrer le voisinage de manière efficace et d'augmenter nos chances de visiter des solutions intéressantes. Ci-dessous une liste non-exhaustive de critères potentiellement considérés dans nos travaux sont jugés intéressants par nos partenaires industriels.

Le retard : minimiser le temps entre la date de fin et la date de livraison souhaitée pour chaque job.

La facturation : maximiser le nombre de jobs finis avant une date prédéfinie (différentes dates possibles), en général la fin du mois.

Les encours : minimiser le temps entre la date de fin et la date de début de chaque job.

Pour chacun de ces critères, un nouveau voisinage correspondant à un sous-ensemble de notre premier voisinage peut être construit, chacun composé uniquement de mouvement ayant un potentiel d'améliorer le critère correspondant.

2.2 Recuit simulé multiobjectif

Une approche basée sur un algorithme de recuit simulé multiobjectif (MOSA) [1] est proposée. Le recuit simulé est une approche de recherche locale. À chaque itération, un voisin de la solution courante est tiré aléatoirement et remplace la solution courante s'il l'améliore ou avec une certaine probabilité proportionnelle à la dégradation qu'il apporte. Diverses approches ont déjà été proposées dans la littérature exploitant la mécanique du recuit simulé dans un cadre multiobjectif via des fonctions d'agrégations des objectifs. Ces méthodes conservent aussi une archive des solutions non dominées rencontrées pendant l'exploration qui a pour but d'approximer le front de Pareto. Pour une exploration efficace de l'espace des solutions, des poids peuvent être associés à chaque objectif et on peut les faire varier durant l'exécution de l'algorithme pour guider une solution dans une certaine direction. Certaines approches proposées maintiennent un ensemble de solutions courantes au lieu d'une seule, chacune avec un vecteur de poids associés pour une exploration plus large de l'espace des solutions et une meilleure approximation du front de Pareto.

Pour renforcer cette stratégie qui consiste à guider les solutions à partir de vecteurs de poids sur leurs objectifs, nous proposons d'utiliser ce même vecteur de poids pour calculer des probabilités de sélection d'un voisinage. Nous pouvons générer des voisinages "sous-ensemble" pour chaque objectif, en filtrant de manière efficace et rapide des voisins non-intéressants dans le contexte de l'objectif correspondant. À chaque itération, un voisinage est donc sélectionné selon notre vecteur de poids et ensuite une solution est sélectionnée.

Nous proposons un algorithme inspiré du PSA [2], un recuit simulé multiobjectif explorant plusieurs solutions parallèlement dans des directions divergentes à l'aide de poids mis à jour durant l'exécution de l'algorithme exploitant les multiples voisinages. Un mécanisme de réchauffement de la température est aussi utilisé.

3 Perspectives

Nous souhaitons explorer différentes approches multiobjectif capables d'exploiter les voisinages que nous avons proposés. Dans le cadre du recuit simulé multiobjectif, de nombreux composants et paramétrages de l'algorithme peuvent être explorés. Nous aimerions aussi considérer des critères non-réguliers pour lesquels le décodage d'une solution en un ordonnancement semi-actif n'est plus nécessairement optimal.

Références

- [1] Khalil Amine. Multiobjective simulated annealing : Principles and algorithm variants. *Advances in Operations Research*, 2019(6) :1–13, 2019.
- [2] Piotr Czyżżak and Adrezej Jaskiewicz. Pareto simulated annealing—a metaheuristic technique for multiple-objective combinatorial optimization. *Journal of multi-criteria decision analysis*, 7(1) :34–47, 1998.