

Approches PLNE et PPC pour la résolution d'un problème de job-shop flexible dans une industrie textile

Tom Perroux¹, Taha Arbaoui², Leila Merghem-Boulahia¹

¹ Université de Technologie de Troyes {tom.perroux, leila.merghem_boulahia}@utt.fr

² taha.arbaoui@insa-lyon.fr

Mots-clés : *Job-shop Flexible, Industrie Textile, Ressources doubles, Temps de préparation, Programmation par Contrainte, Programmation Linéaire*

1 Introduction

Dans cette étude, nous nous intéressons au cas d'un atelier d'assemblage dans une industrie textile basée en France. L'entreprise veut automatiser la planification de son atelier. L'étape d'assemblage correspond à un problème d'ordonnancement de type Job-Shop flexible (FJSSP) à deux ressources, due à la considération des machines et des opérateurs, avec des temps de préparation. L'objectif pour l'entreprise est de maximiser la productivité en respectant les délais de livraison.

De récents travaux se sont intéressés à des problèmes d'ordonnancement dans l'industrie textile. Berthier et al. [2022] ont proposé un modèle mathématique pour le problème de machines parallèles non liées avec des temps de préparation dépendants de la séquence. Ortíz-Barrios et al. [2018] se sont intéressés au FJSSP en considérant plusieurs étapes de la production textile.

Dans le contexte industriel actuel, le nombre de tâches automatisées augmente et les opérateurs sont donc plus qualifiés et versatiles. On doit prendre en compte ces compétences pour prendre les meilleures décisions de planification. De nombreuses études récentes considèrent les compétences des opérateurs. Kress et al. [2019] ont proposé une approche exacte Branch & Cut et une heuristique pour le FJSSP avec éligibilité des opérateurs et des machines. Andrade-Pineda et al. [2020] ont étudié le FJSSP à deux ressources, et ont proposés des heuristiques gloutonnes basées sur des règles d'ordonnancement.

Des approches récentes de Programmation Par Contraintes (PPC) se sont également montrées efficaces. Lunardi et al. [2020] ont considéré un problème similaire au FJSSP et l'ont résolu par PPC et PLNE. Müller and Kress [2022] ont proposé une heuristique et une approche PPC pour le FJSSP avec des opérateurs. Ces deux études ont conclu que l'approche PPC surpasse largement le PLNE.

2 Description du problème et méthodes de résolution

2.1 Description du problème

Dans cette section nous présentons le cas industriel. Les commandes des clients arrivent quotidiennement et décrivent la quantité à livrer à une certaine date de livraison par modèle, couleur et taille de vêtement. Une gamme opératoire est associée à chaque modèle qui décrit la suite d'opérations à suivre pour produire le vêtement. Les opérations doivent être faites dans l'ordre de la gamme. Pour chaque opération la gamme décrit la machine requise ainsi que sa configuration, la couleur du fil, et la compétence minimale nécessaire pour pouvoir faire l'opération.

Avant de rentrer dans la phase d'assemblage, les vêtements sont coupés et regroupés en lots d'articles possédant la même gamme opératoire. Le temps de production estimé pour une

opération dépend de la gamme opératoire et est proportionnel au nombre d'articles dans le lot. Les lots sont placés dans des chariots qui circulent entre les machines. Le temps de transport est considéré fixe et est inclut dans le temps de production.

Trois types de temps de préparation peuvent apparaître au cours de la phase d'assemblage. Un changement de configuration ou un changement de fil peut avoir lieu entre deux opérations successives sur la même machine. Un déplacement d'opérateur peut avoir lieu si il doit faire deux opérations successives sur des machines différentes.

2.2 Méthodes de résolution

Nous modélisons le problème sous la forme d'un FJSSP à deux ressources avec des temps de préparation dépendants de la séquence. L'ensemble des machines et des opérateurs éligibles pour une opération est déterminé à partir de la gamme opératoire, des compétences des opérateurs et des types des machines. Des temps de préparation sont considérés entre les opérations consécutives si un changement de fil, un changement de configuration ou un déplacement d'opérateur est nécessaire. L'objectif pour l'entreprise est d'abord de minimiser les retards des livraison, puis de maximiser la production. Ces deux objectifs sont pris en compte par ordre lexicographique.

Un modèle PLNE et un modèle PPC basé sur des variables intervalles sont proposés pour résoudre ce problème. Nous avons utilisé les données de notre partenaire industriel pour évaluer nos méthodes et la mise en place de notre approche est actuellement testée pour valider la qualité de nos solutions. Dans l'atelier plus de cent machines sont utilisées pour faire les différents types d'opérations et une trentaine d'opérateurs sont présents. La production est organisée en groupes de machines et d'opérateurs restreints qui travaillent sur des clients spécifiques. Nous avons collecté les données sur plus de 25 semaines. Pour chaque semaine des groupes de production de petite taille, taille moyenne et de grande taille sont considérés. Nous avons mené des expérimentations à partir de ces instances pour évaluer les approches PLNE et PPC. Les résultats montrent que l'approche PPC est efficace pour résoudre ce problème et nous permet d'obtenir des solutions pour des instances de petite et moyenne taille.

Références

- Jose L Andrade-Pineda, David Canca, Pedro L Gonzalez-R, and Marcos Calle. Scheduling a dual-resource flexible job shop with makespan and due date-related criteria. *Annals of Operations Research*, 291 :5–35, 2020.
- A Berthier, A Yalaoui, H Chehade, F Yalaoui, L Amodeo, and C Bouillot. Unrelated parallel machines scheduling with dependent setup times in textile industry. *Computers & Industrial Engineering*, 174 :108736, 2022.
- Dominik Kress, David Müller, and Jenny Nossack. A worker constrained flexible job shop scheduling problem with sequence-dependent setup times. *OR Spectrum*, 41(1) :179–217, 2019.
- Willian T Lunardi, Ernesto G Birgin, Philippe Laborie, Débora P Ronconi, and Holger Voos. Mixed integer linear programming and constraint programming models for the online printing shop scheduling problem. *Computers & Operations Research*, 123 :105020, 2020.
- David Müller and Dominik Kress. Filter-and-fan approaches for scheduling flexible job shops under workforce constraints. *International Journal of Production Research*, 60(15), 2022.
- Miguel Ortíz-Barrios, Dionicio Neira-Rodado, Genett Jiménez-Delgado, and Hugo Hernández-Palma. Using fahp-viktor for operation selection in the flexible job-shop scheduling problem : A case study in textile industry. In *Advances in Swarm Intelligence : 9th International Conference, ICSI 2018, Shanghai, China, June 17-22, 2018, Proceedings*. Springer, 2018.