

Ordonnancement en ligne pour le Flexible Job Shop avec prise en compte des perturbations

Quentin Perrachon, Richard Wilouwou, Alexandru-Liviu Olteanu, Marc Sevaux

Lab-STICC, UMR 6285, CNRS, Université Bretagne Sud, Lorient, France

{quentin.perrachon,essognim.wilouwou,alexandru.olteanu,marc.sevaux}@univ-ubs.fr

Mots-clés : *flexible job shop, multi-objective, metaheuristics, online scheduling*

1 Introduction

Nous considérons le problème du flexible job shop (FJSSP) avec une notion d'ordonnancement en ligne et une notion multi-ressource, où certaines opérations peuvent avoir besoin de plusieurs ressources pour être traitées [2]. Dans le contexte toujours changeant des ateliers de fabrication, un défi majeur provient de l'arrivée continue de nouveaux jobs au sein de l'atelier. Les approches traditionnelles assument une connaissance complète des jobs qui arriveront dans l'atelier, ces approches se révèlent inadéquates pour répondre à la dynamique des environnements d'atelier, où les décisions de planification et d'ordonnancement doivent s'ajuster pour prendre en compte des nouveaux jobs urgents et prioritaires. L'ordonnancement en ligne ou le ré-ordonnancement sont des méthodes qui permettent de répondre à cette problématique [3]. Nous proposons une approche basée sur du ré-ordonnancement en autorisant la remise en cause des décisions précédemment prises. Nous proposons aussi un système de pénalité pour mesurer l'impact et les perturbations causés par ces nouvelles décisions.

2 Ré-ordonnancement et système de pénalité

Résoudre le problème sur un ensemble fixe de jobs n'est pas suffisant, en pratique, de nouveaux jobs et opérations peuvent régulièrement arriver dans un atelier et surtout, arriveront avant que l'atelier ait terminé les jobs et opérations dont le traitement a été planifié précédemment. Par conséquent, le nouvel ordonnancement doit prendre en compte à la fois les nouveaux jobs, potentiellement prioritaires et urgents, ainsi que ceux déjà prévus et planifiés les jours précédents [3]. Compte tenu de l'incertitude quant à l'arrivée de nouveaux travaux et à leur nature, il peut être nécessaire de modifier des décisions antérieures pour parvenir à des résultats optimaux. Cependant, la remise en cause de telle décision ainsi que de l'emploi du temps de l'atelier peuvent avoir des impacts négatifs sur l'organisation de l'atelier. Il est donc essentiel de minimiser les ajustements aux décisions antérieures, en particulier celles liées à l'avenir proche.

Nous proposons une méthode pour quantifier et mesurer la perturbation causé par des modifications apportées à un ordonnancement. Cette mesure vise à attribuer plus d'impact à un changement proche de la date actuelle et à accorder plus d'importance à un décalage de la date de départ loin de l'originale par rapport à un décalage proche de cette date.

Pour cela, nous utilisons une fonction exponentielle sur le temps $f(t) : e^{(-t/H)}$, avec t une date et H un paramètre à fixer au préalable en fonction du makespan de l'ordonnancement avant ré-ordonnancement. Cette fonction sera appliquée sur les dates de départ des opérations afin de transposer le temps sur une échelle décroissante exponentielle. Pour chaque opération o_i présente dans l'ordonnancement avant le ré-ordonnancement, nous notons $st(o_i)$ la date de départ original et $st'(o_i)$ la nouvelle date de départ de l'opération o_i suite à un ré-ordonnancement. Puisque le problème est flexible, nous allons mesurer l'impact des deux types de modifications qui auront pu avoir lieu à l'aide de la fonction décroissante exponentielle défini précédemment :

- Un changement de la date de départ d’une opération sans changement d’affectation : dans ce cas, nous calculons la pénalité comme la différence entre les deux dates de départ transposées par f : $\delta_i = |f(st(o_i)) - f(st'(o_i))|$, la Figure 1 montre un exemple d’un tel changement.
- Un changement d’affectation, où une ressource affectée à une opération est modifiée : dans ce cas, nous calculons la pénalité comme la somme des deux dates de départ transposées par f : $\delta_i = f(st(o_i)) + f(st'(o_i))$.

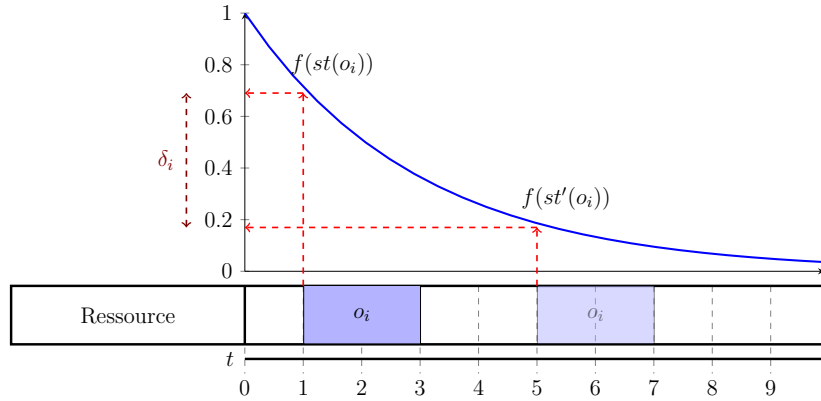


FIG. 1 – Pénalité δ_{op} d’une opération o_i qui doit démarrer plutôt que précédemment prévu

Nous considérons qu’un changement d’affectation à un effet beaucoup plus perturbateur dans un atelier, et donc aura un impact beaucoup plus important qu’un simple changement d’horaire sur une opération. Les opérations et jobs terminés avant la date de ré-ordonnancement ne sont plus pris en compte. De plus, les opérations en cours à la date de ré-ordonnancement sont figés et ne peuvent pas être déplacées ou réaffectées. En agrégeant les pénalités pour chaque opération, une quantification de la perturbation causée par un ré-ordonnancement est calculée.

3 Approche Multi-objectif

Dans un contexte d’ordonnancement et ré-ordonnancement, nous allons considérer deux objectifs, la minimisation du retard et l’équilibrage de la charge de travail sur chaque ressource. Nous comparons deux méthodes de résolutions utilisant notre système de pénalité, la première utilise l’agrégation des pénalités comme un troisième objectif du problème, et résout le problème à trois objectifs. La seconde méthode reste sur deux objectifs et utilise plutôt des budgets de pénalités afin de mieux contrôler les perturbations autorisées lors du ré-ordonnancement.

Nous présentons une approche qui utilise une métaheuristique multi-objectif basée sur le recuit simulé. Connue sous le nom de Multi-Objective Simulated Annealing ou Pareto Simulated Annealing[1], cette approche utilise une population de solutions qui explorent l’espace des solutions en parallèle via une procédure de recuit simulé. Chaque solution sera guidée par un vecteur de direction afin d’obtenir une exploration efficace de l’espace des solutions et une bonne estimation du front de Pareto.

Références

- [1] Khalil Amine et al. Multiobjective simulated annealing : Principles and algorithm variants. *Advances in Operations Research*, 2019, 2019.
- [2] Stéphane Dauzère-Pérès, W Roux, and Jean B Lasserre. Multi-resource shop scheduling with resource flexibility. *European Journal of Operational Research*, 107(2) :289–305, 1998.
- [3] Dhruv Gupta, Christos T Maravelias, and John M Wassick. From rescheduling to online scheduling. *Chemical Engineering Research and Design*, 116 :83–97, 2016.