

Résolution d'un problème de lot sizing avec ventes perdues, temps de setup et stock cible par parallélisation d'une heuristique de décomposition

Mehdi Charles^{1,3}, Stéphane Dauzère-Pérès¹, Safia Kedad-Sidhoum², Issam Mazhoud³

¹ Mines Saint-Etienne, Univ. Clermont Auvergne, CNRS, UMR 6158 LIMOS
CMP, Department of Manufacturing Sciences and Logistics, Gardanne, France

² Conservatoire National des Arts et Métiers, CEDRIC, 75003 Paris, France

³ DecisionBrain, 75010 Paris, France

Mots-clés : *Lot sizing, temps de setup, stock cible, ventes perdues, relax-and-fix, parallélisation.*

1 Introduction

Un des aspects majeurs de la modélisation d'un problème de lot sizing est la capacité du modèle à représenter fidèlement les problématiques auxquelles les industriels sont confrontés ([1]). Un des problèmes les plus étudiés dans le domaine de la planification de la production est le *Capacitated Lot-Sizing Problem with setup times*, introduit par Trigeiro et al ([2]) en 1989, qui vise à satisfaire la demande discrète d'un ensemble de produits consommant la même ressource sur un horizon de temps fixé tout en minimisant le coût total (*production, setup et stockage*). Trigeiro et al [2] propose un ensemble d'instances de tests pour ce problème utilisé dans de nombreux articles durant ces dernières décennies (par exemple [3], [4], [5]), avec pour certains travaux l'ajout de spécificités additionnelles comme les ventes perdues (*lost sales*, par exemple [3]). Cependant, en optimisant ces instances, on remarque que les solutions obtenues ont des caractéristiques qui ne sont pas compatibles avec la réalité d'un plan de production industriel. C'est pourquoi nous avons modifié ces instances et le problème d'optimisation correspondant. Une des contributions de nos travaux est ainsi de proposer de nouvelles instances pour le problème de lot sizing étudié par [2] avec prise en compte de stocks initiaux, d'un stock cible et de ventes perdues. Ces instances s'avèrent plus difficiles à résoudre que leur version originale. Nous nous sommes intéressés à leur résolution par une heuristique se basant sur la parallélisation de l'heuristique *relax-and-fix* (voir par exemple [5]) présentée dans la Section 3.

2 Création de nouvelles instances de la littérature

Très souvent, un plan de production industriel n'est optimisé que partiellement sur l'horizon temporel, et la solution obtenue devrait représenter un processus de production continu non soumis aux effets de bords (initiaux et/ou finaux). Cependant, dans les plans optimaux associés aux instances proposées par Trigeiro et al. [2]), on remarque que :

- l'absence de stocks initiaux entraîne un nombre plus élevé de setups durant les premières périodes temporelles afin de satisfaire les demandes initiales, et
- la capacité de production est sous-utilisée dans les dernières périodes en raison du manque de demandes à satisfaire et parce qu'il est optimal d'avoir des stocks finaux nuls.

Pour résoudre ces problèmes et modéliser un processus de production en continu (utilisant presque toute la capacité de production de la première période à la dernière période), un stock initial est considéré pour chaque produit, ainsi qu'un stock final total commun à tous les

produits. L'idée est de conserver suffisamment de stock pour satisfaire les premières demandes en laissant suffisamment de marge dans le choix des produits à stocker, ce qui est habituellement le cas en pratique. Dans la mesure où la variabilité temporelle est faible, en se basant sur les valeurs des coûts et sur la capacité de production, il est possible d'estimer le niveau optimal de stock à conserver à chaque période. Ces différentes valeurs sont déterminées par la résolution d'un programme linéaire en nombres entiers (*MIP*) permettant de créer de nouvelles valeurs pertinentes tout en garantissant la réalisabilité du nouveau problème créé.

3 Algorithme relax-and-fix parallèle

DecisionBrain¹ a développé une plateforme informatique permettant de paralléliser de manière simple la résolution de modèles d'optimisation. Les nouvelles instances étant plus difficiles à résoudre que les instances initiales de Trigeiro et al [2], nous avons décidé de paralléliser des méthodes de résolution du problème *MIP* dans le but d'en accélérer les temps d'exécution. Nous nous sommes en particulier intéressés à la parallélisation d'une des heuristiques les plus utilisées en lot-sizing : l'algorithme *relax-and-fix* (voir par exemple [5]) basée sur une décomposition temporelle. Au lieu d'optimiser les intervalles de temps de façon chronologique, comme c'est le cas dans la version classique de l'heuristique, divers intervalles sont optimisés en parallèle à chaque itération afin de sélectionner l'intervalle le plus pertinent à fixer pour les itérations futures. Différentes stratégies de sélection du meilleur intervalle à fixer ont été comparées. L'une de ces stratégies, qui s'est révélée la plus efficace, consiste à reconstruire à partir de chaque solution partielle une solution réalisable pour le problème.

4 Conclusions

L'ajout de stocks initiaux et d'un stock final cible dans de nouvelles instances du problème de *Capacitated Lot-Sizing Problem with setup times* a permis de réduire fortement la variabilité de la production sur l'horizon de temps dans les solutions optimisées. Les plans de production obtenus sont ainsi plus proches de la réalité industrielle en dépendant majoritairement des coûts et de la capacité de production et non plus d'effets de bord.

La parallélisation de l'algorithme *relax-and-fix* combinée avec l'utilisation d'une méthode de reconstruction à partir d'un problème partiellement relâché a permis, pour les instances les plus difficiles à résoudre par les méthodes classiques, d'obtenir de solutions de bonne qualité en des temps de calcul raisonnables.

Références

- [1] Jans, R., Degraeve, Z. *Modeling industrial lot sizing problems : a review*. International Journal of Production Research, 46(6), 2008, 1619-1643.
- [2] Trigeiro, W.W., Thomas, L.J., McClain, J.O. *Capacitated lot-sizing with setup times*. Management science, 35(3), 1989, 353-366.
- [3] Absi, N., Kedad-Sidhoum, S. *The multi-item capacitated lot-sizing problem with setup times and shortage costs*. European Journal of Operational Research, 185(3), 2008, 1351-1374.
- [4] Absi, N., Kedad-Sidhoum, S. *MIP-based heuristics for multi-item capacitated lot-sizing problem with setup times and shortage costs*. RAIRO Operations Research, 41, 2007, 171-192.
- [5] De Araujo, S.A., De Reyck, B., Degraeve, Z., Fragkos, I., Jans, R. *Period Decompositions for the Capacitated Lot Sizing Problem with Setup Times*. INFORMS Journal on Computing, 27(3), 2015, 431-448.

1. <https://www.decisionbrain.com>