

Problème de lot-sizing multi-niveaux intégré à un problème transport avec fenêtres de temps

Asma Rakiz^{1,2}, Nabil Absi³, Pierre Fenies^{1,2}

¹ Mines-Université Mohammed VI Polytechnique, 43150 Benguerir, Maroc

² Université Paris II Panthéon-Assas, 75006, Paris, France

{asma.rakiz, pierre.fenies}@emines.um6p.ma

³ Ecole des Mines de Saint-Etienne, CMP Georges Charpak et LIMOS, Gardanne, France
absi@emse.fr

Mots-clés : *Multi-level lot-sizing, transport par trains, approche intégrée.*

Introduction

Dans ce travail nous présentons trois approches de modélisation pour résoudre un problème de lot-sizing multi-niveaux (MLLSP) intégré à un problème de transport par train avec fenêtres de temps. Cette recherche entre dans le cadre d'un problème industriel réel, et aborde un réseau de production structuré en plusieurs niveaux pour la production de plusieurs produits sur un horizon de planification discrétisé en petites périodes de temps. Traditionnellement, l'approche adoptée consiste à traiter séparément ou bien séquentiellement les décisions de planification et de transport. Ceci revient à planifier la production et/ou le stockage puis ensuite intégrer ces décisions pour planifier le transport en conséquence. Or résoudre localement les problèmes de planification d'une chaîne logistique pourrait engendrer une augmentation non négligeable du coût global [1]. Chandra et Fisher [2] sont parmi les premiers à étudier le bénéfice tiré de l'intégration de la planification de la production et de la distribution. IBM est un exemple concret d'une entreprise qui a amélioré l'efficacité de sa chaîne logistique en intégrant les décisions de planification de la production et de transport [3]. Bien que l'intérêt de la planification intégrée des différentes composantes du système logistique soit évident, les modèles d'optimisation actuels laissent encore place à l'amélioration afin d'être plus réalistes. Dans ce cadre, le présent travail adopte une approche intégrée en considérant trois problèmes de décisions classiques de 'supply chain management', à savoir, la planification de production, de stockage et du transport. Partant d'un problème industriel réel, l'originalité de ces travaux de recherche vient de l'ajout de variables opérationnelles telles que le transport des produits finis par voie ferroviaire, les fenêtres de temps de livraison des produits finis ainsi que d'autres caractéristiques du système de production telle que la production multi-modes. La multitude des approches proposées a pour objectif de mettre en évidence les bénéfices de l'intégration des décisions, en termes de minimisation de coûts, d'amélioration de la performance et de flexibilité offerte au système de production.

Problématique industrielle et scientifique

Cette étude part d'un problème réel proposé par notre partenaire industriel. Le système étudié est un réseau de production complexe composé d'un ensemble d'usines de production alimentées par un ensemble de mines. Le système de production, lui, se compose de plusieurs usines de production qui produisent des produits destinés soit à répondre à une demande finale indépendante connue pour un horizon de planification fini, ou à répondre à une demande intermédiaire en rentrant dans la composition d'autres produits en aval dans la chaîne logistique. Un produit peut être fabriqué dans plusieurs usines. Chaque usine peut produire plusieurs produits utilisant plusieurs modes de production, les produits fabriqués par usine et la capacité maximale de production dépendent du mode choisi. Chaque unité de production possède un stock amont et un stock aval destiné à stocker les produits fabriqués, ces stocks

sont à capacité finie. Le transport quant à lui est assuré par un système hybride composé de convoyeurs à flux continu et à débit maximal, et d'un système de transport par trains via une voie ferroviaire unique. Un train ne peut transporter qu'un seul produit à la fois et requiert un temps de transport pour acheminer les produits finis vers les stocks finaux. Le transport des produits par trains est conditionné par des fenêtres de temps, appelées sillons, dans lesquelles le transport des produits finis est autorisé. En dehors de ces horaires, la voie est réservée au transport des voyageurs. L'acheminement des produits finis doit donc se faire obligatoirement en respectant ces fenêtres de temps. Le problème d'optimisation consiste à décider : des périodes de production, des quantités à produire, des quantités à stocker dans chaque site de stockage, des quantités à transporter entre deux sites interconnectés, et de l'ordonnancement des trains en respectant les contraintes liées aux fenêtres de temps. L'objectif est de minimiser les coûts de production, de stockage et de transport.

Approches de modélisation

Cette recherche adopte une approche intégrée pour résoudre un problème industriel riche et complexe. Or, plus le problème est riche et s'approche de la réalité, plus il devient difficile et compliqué à résoudre. Autrement, l'adoption d'une approche intégrée augmente considérablement la complexité et le temps de résolution. Pour faire face à cela, nous proposons différentes modélisations du problème en se basant sur des niveaux de granularités différents : (1) une modélisation fine qui détaille les paramètres de l'ensemble des composantes du système, et (2) une modélisation agrégée qui gère les flux à un niveau moins détaillé. Enfin, (3) une approche séquentielle par décomposition hiérarchique du problème en sous problèmes mono-niveaux successifs est également présentée.

1 Modélisation fine

Dans ce contexte, nous avons établi un modèle de lot-sizing multi-niveaux à horizon mensuel avec une maille horaire. Ce modèle tient compte de la totalité des paramètres qui conditionnent les systèmes de production, de stockage et de transport. Le système est rigoureusement reproduit, les paramètres et contraintes sont détaillés. Les fenêtres de temps quant au transport par trains sont également considérées. Bien que cette approche présente une reproduction fine de la réalité, elle présente une difficulté à résoudre des instances de tailles importantes dans des temps raisonnables.

2 Modélisation agrégée

Ensuite, le système est approché selon un niveau de granularité macroscopique. L'horizon considéré est annuel avec maille hebdomadaire voire mensuelle. L'agrégation de certains paramètres (tel que le temps et la capacité de transport) et la suppression de certaines contraintes diminue la complexité du problème. Ce qui permet de résoudre des instances de taille importante dans un temps raisonnable.

3 Décomposition hiérarchique du problème

Finalement, le problème est décomposé en sous problèmes à un seul niveau avec une structure de décisions hiérarchique pour la planification des flux. La résolution des sous problèmes est effectuée séquentiellement de l'aval vers l'amont de la chaîne logistique. Cette approche permet de réduire considérablement la complexité du problème tout préservant une granularité de modélisation fine. Ceci dit, elle détériore la flexibilité et la cohésion décisionnelle offerte par la prise en compte simultanée des composantes du système.

Références

- [1] Y. Adulyasak, J.-F. Cordeau, and R. Jans, '*Formulations and branch-and-cut algorithms for multivehicle production and inventory routing problems*', *INFORMS Journal on Computing*, vol. 26, no. 1, pp. 103–120, 2013.
- [2] P. Chandra and M. L. Fisher, '*Coordination of production and distribution planning*', *European Journal of Operational Research*, vol. 72, no. 3, pp. 503–517, 1994.
- [3] A. Degbotse, B. T. Denton, K. Fordyce, R. J. Milne, R. Orzell, and C.-T. Wang, '*IBM blends heuristics and optimization to plan its semiconductor supply chain*', *Interfaces*, vol. 43, no. 2, pp. 130–141, 2013.