

Approche de résolution d'un problème industriel de lot-sizing avec réglages dépendant de la séquence

François Larroche¹, Odile Bellenguez¹, Guillaume Massonnet¹

IMT Atlantique, LS2N, La Chantrerie, 4 rue Alfred Kastler, 44307 Nantes France
{francois.larroche, odile.bellenguez, guillaume.massonnet}@imt-atlantique.fr

Mots-clés : *planification, lot-sizing, temps de réglage.*

Ce travail est réalisé en collaboration avec l'entreprise VIF, qui crée des logiciels d'aide à la décision principalement pour des industriels dans le milieu de l'agroalimentaire. L'objectif de ce projet est de développer des méthodes d'optimisation pour la planification de production en respectant plusieurs contraintes spécifiques à ce secteur d'activité. Ce travail préliminaire est dédié à la prise en compte des temps de réglages dans les séquences de production.

1 Définition

Le problème que nous étudions est une extension du problème de lot-sizing. Celui-ci est particulièrement étudié depuis de nombreuses années et a été modélisé formellement pour la première fois par Wagner et Whitin [5] et enrichi par l'ajout de nouvelles caractéristiques par la suite. Dans notre cas, nous considérons plusieurs références ($\mathcal{I} = \{1, \dots, N\}$), des machines parallèles ($\mathcal{M} = \{1, \dots, M\}$), un horizon de temps composé de T périodes avec des capacités de production finies (dépendantes du temps et des machines), des ventes perdues, un stock de sécurité et des réglages dépendant de la séquence, c'est-à-dire qu'on cherche à établir un ordre dans la production au sein même des périodes. Nous intégrons de plus dans notre problème la possibilité de dépasser la capacité en temps des machines (*overtime*), dans une limite définie. [1] a étudié un problème prenant en compte plusieurs références, des capacités sur une unique machine, des ventes perdues et un stock de sécurité mais ne traite pas des séquences de production ni des overtimes. [2] a traité un problème considérant des temps de réglage dépendant de la séquence et une capacité avec overtime sur une seule machine sans les autres caractéristiques. Enfin [3] a considéré seulement plusieurs références et des machines parallèles. A notre connaissance, le problème avec l'ensemble de ces extensions n'a jamais été traité dans la littérature.

2 Approches

Dans ce travail, nous nous sommes particulièrement intéressés aux réglages dépendant de la séquence. La classe de problème traitant cette extension est souvent appelée *lot-sizing and scheduling problem*. En pratique, pour des problèmes de taille industrielle, prendre en compte les réglages dépendant de la séquence rend la résolution difficile. [4] fait un état de l'art des méthodes utilisées pour résoudre cette classe de problème et propose une nouvelle modélisation SCF (*single commodity flow*) que nous avons testée et comparée à une autre approche originale basée sur le développement d'une méthode d'approximation des temps de lancement induits par une séquence qui permet d'obtenir rapidement de bonnes solutions sur des problèmes de grandes tailles.

Cette méthode consiste à regrouper les produits par famille, pour ensuite ne tenir compte dans la résolution que de la séquence de production entre familles. En effet, dans le cas de l'agroalimentaire, des ensembles de produits peuvent partager des similitudes et peu d'opérations seront alors nécessaires pour passer d'une production à une autre. En revanche, le passage de la production d'une famille de produits à une autre implique généralement des opérations plus chronophages et/ou plus nombreuses (nettoyage, reconfiguration, etc.) et nécessite donc un temps de changement très long. Nous notons \mathcal{J} l'ensemble des familles et \mathcal{I}_j les produits qui appartiennent à la famille $j \in \mathcal{J}$. Ainsi, on considère que les réglages dépendant de la séquence sont dépendants des familles et que le lancement d'un produit d'une famille implique un temps de réglage indépendant de la séquence à l'intérieure de celle-ci qui est évalué par excès. Ainsi, le calcul des temps de lancement des produits et des temps de réglage dépendant de la séquence des familles sont approchés de façon à ce que la solution trouvée respecte la contrainte de capacité. La procédure proposée inclut également un algorithme pour reconstruire l'ordonnancement en fin de résolution.

3 Résultats et perspectives

Nous testons notre approximation sur trois formulations MIP existantes pour les problèmes de lot-sizing : la formulation dite agrégée, celle basée sur le problème de facility location et celle basée sur le shortest path. Pour plus de détails sur ces deux dernières formulations, se référer à [1] et [3]. Ces reformulations sont plus fortes et permettent d'obtenir une meilleur relaxation linéaire.

Nous implémentons ces trois formulations avec CPLEX et comparons pour chacune d'entre elles la modélisation SCF à celle basée sur le regroupement par famille pour la gestion des réglages dépendant de la séquence. Nous avons effectué nos tests sur un ensemble d'instances générées en s'inspirant des problèmes rencontrés par les clients de VIF. Nous avons fixé un temps d'exécution court (inférieur à 5 min) de façon à s'approcher de l'utilisation finale voulue par VIF et ainsi vérifier la robustesse en conditions réelles d'utilisation. Nos résultats préliminaires nous permettent d'observer que pour des problèmes de grande taille, la méthode que nous proposons atteint de meilleures solutions pour chacune des trois formulations choisies. Les perspectives futures de nos recherches porteront sur le développement d'heuristiques constructives pour réduire le temps d'exécution en vue d'une utilisation industrielle.

Références

- [1] Nabil Absi and Safia Kedad-Sidhoum. The multi-item capacitated lot-sizing problem with safety stocks and demand shortage costs. *Computers & Operations Research*, 36(11) :2926–2936, November 2009.
- [2] Alistair R. Clark, Reinaldo Morabito, and Eli A. V. Toso. Production setup-sequencing and lot-sizing at an animal nutrition plant through atsp subtour elimination and patching. *Journal of Scheduling*, 13(2) :111–121, April 2010.
- [3] Diego Jacinto Fiorotto and Silvio Alexandre de Araujo. Reformulation and a Lagrangian heuristic for lot sizing problem on parallel machines. *Annals of Operations Research*, 217(1) :213–231, June 2014.
- [4] Luis Guimarães, Diego Klabjan, and Bernardo Almada-Lobo. Modeling lotsizing and scheduling problems with sequence dependent setups. *European Journal of Operational Research*, 239(3) :644–662, December 2014.
- [5] Harvey M. Wagner and Thomson M. Whitin. Dynamic Version of the Economic Lot Size Model. *Management Science*, 5(1) :89–96, October 1958.