

Ordonnancement d'une ligne de préparation de commandes de détail avec des stocks limités

Sawssen SOUIDEN^{1,2}, Audrey CERQUEUS², Xavier DELORME²

¹ Boa Concept SAS, 42000 Saint-Etienne, France.

² Mines Saint-Etienne, Univ Clermont Auvergne, CNRS, UMR 6158 LIMOS, Institut Henri Fayol, F - 42023 Saint-Etienne France.

`{sawssen.souiden,audrey.cerqueus,delorme}@emse.fr`

Mots-clés : *Ordonnancement, Modélisation, Non-Permutation Flow-Shop, Opérations man-quantas, stocks.*

1 Introduction

Depuis l'avènement du e-commerce, les pratiques des consommateurs ont beaucoup évolué. Les entreprises se sont retrouvées face à un nouveau défi : satisfaire dans les plus brefs délais, un nombre important de commandes de clients composées de produits de petite taille [1]. Pour répondre à ces besoins, les décideurs ont déployé de nouvelles méthodes de préparation de commandes (picking) automatisées ou semi-automatisées, utilisant des systèmes de convoyage. Parmi les méthodes semi-automatisées, nous nous intéressons à la méthode de picking par zone, communément appelée "Zone Picking". Cette méthode consiste à diviser l'entrepôt en plusieurs zones ou gares et à affecter un ou plusieurs préparateurs de commandes (opérateurs) à chaque zone. Les gares sont reliées par un convoyeur qui permet le transport des colis d'une zone à une autre, renvoyant ainsi les colis aux opérateurs. Cette configuration engendre une réduction significative des temps de déplacements des opérateurs, recentrant leur travail sur des tâches à valeur ajoutée. Sur un plan opérationnel, la méthode de zone picking présente des challenges organisationnels, notamment l'affectation des produits aux gares et la gestion du flux de colis sur le convoyeur.

Nous nous intéressons à la partie gestion de flux des commandes clients, sur l'échelle d'une journée, en minimisant les temps non-productifs (c'est-à-dire les moments où les opérateurs sont sans activité). Nous considérons donc que les décisions d'un niveau stratégique ont déjà été prises et donc que l'affectation des produits aux gares et la configuration des gares sont fixées.

2 Description du problème

Nous considérons une ligne de préparation de commandes de détail dans la configuration de zone picking. L'entrepôt est divisé en plusieurs zones de picking et un opérateur est affecté à chacune de ces zones. Nous supposons que les produits sont répartis de manière à ce qu'il n'y ait pas le même type de produit dans deux gares différentes. Les commandes de clients sont données par la liste des produits à collecter et leurs quantités. Donc, les colis ne sont pas nécessairement traités sur chacune des gares de picking. Pour la préparation d'une commande, le colis est déposé sur le convoyeur afin de visiter séquentiellement les zones de picking sur lesquelles les produits demandés sont disponibles. Le système de convoyage étant une ligne unidirectionnelle sans boucle, la séquence de passage sur les différentes gares est la même. Cependant, comme les zones de picking ne sont pas forcément toutes visitées, les séquences de visites des gares sont prédéfinies et considérées propres à chaque colis.

L'efficacité du système dépend de l'ordonnancement des colis. L'ordre des gares étant le même pour chaque colis, nous sommes donc dans une configuration de flow-shop (les machines étant les gares et les opérations étant les colis). En effet, les temps de préparations des colis dans chacune des gares sont donnés par le contenu des commandes clients. Néanmoins, l'ordonnancement des colis influe sur leurs dates de préparation. Nous souhaitons optimiser le temps de présence des opérateurs à leurs gares de picking, afin de limiter les temps non-productifs, en supposant qu'un opérateur doit être présent à sa gare à partir du début de préparations du premier colis jusqu'à la fin de préparation du dernier colis sur sa gare.

Une file d'attente de capacité limitée est prévue sur chacune des gares pour stocker les colis en attente de traitement. Un dépassement de stock se traduirait par un arrêt du convoyeur, il est donc interdit. Le préparateur de commande traite les colis un par un selon leur ordre d'arrivée à la gare. Une fois que la préparation est terminée, le colis est remis sur le convoyeur pour visiter la prochaine gare jusqu'à la constitution de la commande.

Les séquences de visites des gares étant différentes pour chaque colis (à cause des opérations manquantes, i.e. les colis ne passant pas sur chaque gare), il peut y avoir des échanges dans l'ordre des opérations sur les machines, même sans échanger les colis dans les stocks (un colis dépassant un autre, car ne s'arrêtant pas sur une gare par exemple).

Le problème d'optimisation sous-jacent est donc un problème de flow-shop de non permutation, communément appelé "Non-Permutation Flow-Shop (NPFS)" [4], avec des opérations manquantes. En plus des opérations manquantes, le problème que nous considérons prend aussi en compte des stocks limités et des temps de transport entre les machines.

3 Contributions

Dans ce travail, nous modélisons le problème présenté par un Non-Permutation Flow-Shop avec des opérations manquantes et des stocks limités. Dans la littérature, il y a peu de travaux de recherche qui ont étudié le problème de NPFS en prenant en compte les contraintes de stockage [3] ou même l'existence des opérations manquantes [2]. De plus, aucun ne s'est focalisé sur la conjonction de ces deux spécificités. Ce travail propose une formulation linéaire en nombre mixte du problème de NPFS avec opérations manquantes, stocks et temps de transport.

Le modèle a été testé expérimentalement, en utilisant le solveur IBM ILOG Cplex, sur un jeu de plus de 600 instances issues de la littérature allant jusqu'à 8 machines et 20 jobs, pour en évaluer la performance et cerner les limites de résolution (taille, analyse des différentes contraintes, variation des paramètres d'entrées...). Nous discuterons également la capacité de notre modèle à résoudre des instances industrielles.

Références

- [1] N. Boysen, R. de Koster, and F. Weidinger. Warehousing in the e-commerce era : A survey. *European Journal of Operational Research*, 277(2) :396–411, 2019.
- [2] S. Pugazhendhi, S. Thiagarajan, C. Ajendran, and N. Anantharaman. Performance enhancement by using non-permutation schedules in flowline-based manufacturing systems. *Computers & Industrial Engineering*, 44(1) :133–157, 2003.
- [3] A. Rossi and M. Lanzetta. Scheduling flow lines with buffers by ant colony digraph. *Expert Systems with Applications*, 40(9) :3328–3340, 2013.
- [4] D. A. Rossit, F. Tohmé, and M. Frutos. The non-permutation flow-shop scheduling problem : A literature review. *Omega*, 77 :143–153, 2018.