HAL
open science

Un problème intégré d'ordonnancement et de distribution avec deux modes de livraison

Justine Castan, Alexis Robbes, Yannick Kergosien, Jean-Charles Billaut

To cite this version:

Justine Castan, Alexis Robbes, Yannick Kergosien, Jean-Charles Billaut. Un problème intégré d'ordonnancement et de distribution avec deux modes de livraison. Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2021), Apr 2021, Mulhouse (en ligne), France. hal-03202806

HAL Id: hal-03202806

https://hal.science/hal-03202806

Submitted on 20 Apr 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Un problème intégré d'ordonnancement et de distribution avec deux modes de livraison

Justine Castan[1], Alexis Robbes[2], Yannick Kergosien[2], Jean-Charles Billaut[2]

[1] Télécom Paris, 19 Place Marguerite Perey, 91120 Palaiseau
justine.castan@telecom-paris.fr

[2] Université de Tours, LIFAT EA 6300, CNRS, ROOT ERL CNRS 7002, 64 avenue Jean Portalis, 37200 Tours
{alexis.robbes, yannick.kergosien, jean-charles.billaut}@univ-tours.fr

Mots-clés : *ordonnancement, flow shop hybride, distribution, problème intégré, santé*

1 Introduction

L'Unité de Biopharmacie Clinique Oncologique de l'hôpital de Tours (UBCO) se charge de la production et de la livraison d'environ 150 médicaments de chimiothérapie par jour pour trois hôpitaux de la ville. La minimisation du retard à la livraison est un enjeu essentiel, aussi bien pour assurer le confort des patients que pour mesurer une certaine qualité de service sur laquelle l'unité est évaluée. La production et la livraison de ces médicaments constituent un unique problème dans la mesure où la distribution est effectuée dans la journée au fur et à mesure de l'avancement de la production. Ce problème intégré se distingue des problèmes intégrés classiques production-livraison [1] étant donné la spécificité du contexte hospitalier, et a déjà été abordé dans [2, 3]. La partie production y est modélisée comme un flow-shop hybride avec des machines identiques. La livraison est réalisée par un service interne composé de plusieurs livreurs et consiste à résoudre une variante du Multi-Trip Vehicle Routing Problem (MTVRP). Nous considérons ici notamment une caractéristique supplémentaire correspondant davantage à la réalité terrain : il existe deux modes de livraison selon le service de rattachement de chaque livreur. Une partie d'entre eux est "interne", donc disponible à la demande, et une autre partie est "externe", et a ses trajets et ses horaires fixés au préalable par contrat. Dans le premier cas, les tournées des livreurs sont à déterminer. Dans le deuxième cas, les tournées sont dites fixées.

2 Description du problème

L'ordonnancement de la production des médicaments de chimiothérapie est un problème difficile, car l'environnement de production et les délais entre la production et la distribution aux patients sont fortement contraints. Pour des raisons sanitaires, la production se fait dans des machines fermées appelées isolateurs. Un isolateur est constitué de deux parties : le stérilisateur, où tous les produits nécessaires à la préparation sont stérilisés, et la chambre d'isolation stérile, où des pharmaciens se chargent de réaliser la préparation du médicament. Le stérilisateur d'un isolateur i est caractérisé par son temps de stérilisation p_i^{STE} et par sa capacité Q_i, puisque les produits pour la préparation des chimiothérapies peuvent être stérilisées par lots, dont la taille ne pourra pas excéder la capacité du stérilisateur. La chambre d'isolation stérile est caractérisée par le nombre de stations de travail qu'elle accueille : plusieurs pharmaciens peuvent opérer sur le même isolateur en même temps, mais chacun ne pourra réaliser qu'un seul médicament à la fois sur sa station de travail.

Nous qualifions de *job* l'ensemble des opérations associées à la production et la livraison d'un médicament de chimiothérapie. Chaque job doit être ordonnancé sur les isolateurs puis

distribué via les livreurs, et passe par trois étapes lors de sa production. La première est la stérilisation et la deuxième est la préparation. Ces deux étapes doivent obligatoirement prendre place dans le même isolateur. De plus, la préparation d'un job j ne peut commencer qu'après une certaine date r_j, correspondant à la validation de la prescription par un médecin avant l'administration au patient. Chaque job j a en outre un temps de préparation p_j^{PRE} qui lui est propre et qui ne dépend pas de l'isolateur choisi. Enfin, une fois l'étape de préparation terminée, les jobs doivent passer une troisième étape de contrôle, réalisée sur une machine appelée analyseur. La durée du contrôle p^{CTL} est la même pour tous les jobs.

Chaque job j doit être livré pour une date d_j. Le retard d'un job j est l'écart entre sa date de livraison et la date à laquelle il est attendu, s'il est livré en retard. Si le job j est livré avant d_j, le retard est nul. La livraison fait intervenir deux modes de livraison : des livreurs "internes", disponibles à la demande et pour lesquels on peut imposer les heures de départ et les tournées, ainsi que des livreurs "externes", pour lesquels les trajets et les horaires ont déjà été fixés à l'avance lors de négociations annuelles. Le but est d'utiliser de façon avantageuse ces deux catégories de livreurs afin de minimiser le retard total sur l'ensemble des jobs livrés.

3 Méthodes de résolution

Le problème a été modélisé par un Programme Linéaire Mixte en Nombres Entiers (MILP). Toutefois, compte tenu de la complexité du problème et de la très grande taille du modèle, seules de petites instances peuvent être résolues de façon optimale.

Afin de résoudre efficacement des instances de plus grande taille correspondant à la production et livraison d'une journée, nous avons développé une heuristique à plusieurs niveaux. Chaque niveau correspond à un sous-problème d'ordonnancement, de mise en lot ou encore de conception de tournée. Le problème d'ordonnancement consiste à trouver l'affectation des jobs aux isolateurs, la composition des lots de stérilisation, la séquence des jobs à réaliser pour chaque pharmacien et la séquence des jobs sur l'analyseur. Le problème de mise en lot pour la livraison a pour objectif de déterminer quels jobs seront livrés ensemble par les livreurs en interne et quels jobs seront livrés par les tournées fixées des livreurs externes. Enfin, le dernier sous-problème consiste à déterminer et séquencer toutes les tournées des livreurs en interne. Chaque niveau de décision impactant les décisions du niveau suivant, nous proposons donc une méthode itérative optimisant successivement chacun d'eux. Les résultats expérimentaux montrant l'efficacité de la méthode seront présentés lors de la conférence ROADEF 2021.

Références

[1] Stef Moons, Katrien Ramaekers, An Caris and Yasemin Arda, Integrating production scheduling and vehicle routing decisions at the operational decision level : a review and discussion. *Computers & Industrial Engineering 104 (2017) : 224–245*

[2] Alexis Robbes, Yannick Kergosien and Jean-Charles Billaut. Multi-level heuristic to optimize the chemotherapy production and delivery. *Fourth International Conference on Health Care Systems Engineering (HCSE 2019), Montréal, Canada, May 2019.*

[3] Alexis Robbes, Yannick Kergosien and Jean-Charles Billaut. Minimize the total tardiness of chemotherapy drugs production and delivery. *Conference of the European Working Group on Operations Research Applied to Healthcare services (ORAHS 2019), Karlsruhe, Allemagne, Juillet 2019.*