

Ordonnancement d'un bloc opératoire en chirurgie ambulatoire par algorithme génétique

Lydia Bouchlaghem, Fatima Ghedjati, Alexandre Philippot

CRéSTIC, Université de Reims Champagne Ardenne, Reims, 51100, France

Mots-clés : *Ordonnancement, Chirurgie ambulatoire, Algorithmes génétiques, Flow shop hybride*

1 Introduction

Le Haut Conseil de la Santé Publique, dans son rapport public du 1 juin 2021 [1], préconise d'atteindre nationalement 80% de chirurgies réalisées en ambulatoire. Notre étude cible la matérialité de cet objectif au niveau de l'unité chirurgicale dans un établissement public, et fait suite à l'observation permise par le CHU de Reims de l'organisation de sa propre Unité de Chirurgie Ambulatoire. On entend par chirurgie ambulatoire tous les actes chirurgicaux programmés et réalisés dans le cadre sécurisé d'un bloc opératoire pour lesquels l'hospitalisation des patients dure moins de 12 heures, sans hébergement de nuit. Ce type de prise en charge permet une réduction des coûts tout en veillant à offrir un service public d'une qualité au moins équivalente à la prise en charge classique.

Dans le cadre d'une opération de chirurgie en ambulatoire, le patient suit un parcours prédéfini en trois étapes : pré-opératoire, péri-opératoire et post-opératoire. Notre étude propose d'apporter une solution efficace au problème d'ordonnancement d'un bloc opératoire prenant en charge la totalité de ce parcours. Pour un manager hospitalier, une gestion efficace des services impliqués dans ce parcours patient doit permettre de limiter les risques infectieux ; de prendre en charge un maximum de patients ; de réduire les délais d'attente ; d'atténuer l'anxiété du patient ou encore, d'améliorer la qualité de vie au travail des personnels hospitaliers. Nous choisissons délibérément de restreindre ces nombreux critères à celui, central, de la minimisation de la durée d'hospitalisation (*makespan*) dans le cadre de ce premier travail.

Spécifiquement, nous considérons un problème de type Flow Shop Hybride (FSH). Ce type de problème a été démontré NP-difficile, pour le même critère, à partir de 2 étages avec au moins deux ressources (machines) disponibles dans l'un des étages [2]. L'utilisation de méthodes heuristiques et/ou méta-heuristiques qui permettent de trouver des solutions acceptables en un temps raisonnable est donc pertinente. Nous proposons une première résolution par algorithmes génétiques (AG). Ce choix tient au succès de cette méta-heuristique dans la résolution de ce type de problème [3, 4], ce qui devrait permettre de fonder les perspectives d'amélioration futures dans notre cas d'espèce.

2 Définition et modélisation du problème

Pour le problème FSH considéré, il s'agit d'affecter un ensemble de n patients à travers 3 étages consécutifs dans le même ordre, en commençant par l'étage $i = 1$ jusqu'au dernier étage $i = 3$. Les étages 1 et 3 sont composés d'un ensemble de L_i lits (placés respectivement en salle de préparation et en salle de réveil). L'étage 2 est composé de SO (salles opératoires non-identiques, organisées à priori par spécialités chirurgicales). Chaque patient j est affecté à un seul lit parmi L_i sur chacun des étages 1 et 3 et à une salle opératoire parmi les SO de l'étage 2. Le passage obligatoire du patient par chacun des 3 étages est caractérisé par les durées respectives données : de préparation, d'intervention et de rétablissement. La préemption n'est permise sur aucun des étages. Une intervention d'un patient j ne peut commencer que si l'intervention du patient précédent $j - 1$ est terminée pour une SO. Nous supposons que le nombre de lits en salle de préparation et en salle de réveil est suffisant (pas de contraintes de blocage).

Nous considérons également une stratégie d'ordonnancement par bloc « *block scheduling* » : les chirurgiens sont affectés à des blocs de temps (semaines ou mois) au cours desquels ils peuvent organiser leurs cas chirurgicaux, et aucun de ces blocs ne peut être libérés. L'objectif de l'ordonnancement étant, dans cette étude, la minimisation de la plus grande durée d'hospitalisation (*makespan*) :

$$C_{max} = \max_{i=1..n} C_i \quad (1)$$

3 Méthode de résolution

Basé sur le travail de Cheng et al. [5] la version de l'AG que nous proposons consiste à représenter une solution de la manière suivante : un gène (G) correspond à une structure de données contenant les informations relatives au parcours d'un patient j . Ces informations sont : l'affectation du patient à un lit de l'étage 1 (L_{j1}), le temps d'arrivée et de départ en salle de préparation. l'affectation du patient à une salle de l'étage 2 (SO_j), le temps d'arrivée et de départ en salle opératoire, l'affectation du patient à un lit de l'étage 3 (L_{j3}), le temps d'arrivée et de départ en salle de réveil. Un chromosome (S) est un vecteur constitué de gènes et de symboles de séparation (*) qui sert à distinguer les gènes appartenant à la même spécialité chirurgicale. exemple : $S = \{G3, G4, G5 * G8, G7, G9 * G2, G6, G1\}$, avec 9 patients ($j = \{1, \dots, 9\}$) à ordonnancer pour 3 spécialités chirurgicales (3 salles opératoires).

L'algorithme utilise les trois opérateurs génétiques classiques : **la sélection** consiste à choisir, parmi la population initiale de solutions (chromosomes) générées aléatoirement, les N individus qui minimisent la fonction objective (1). **Le croisement à deux points permet** d'invertir la suite de gènes se trouvant entre les deux points de croisement choisis aléatoirement. Ces deux points doivent néanmoins obligatoirement être des symboles de séparations (*) pour éviter le mélange des spécialités chirurgicales. **La mutation** consiste à modifier aléatoirement un gène dans un chromosome. Après chaque mutation une procédure de réparation se charge de la mise à jour des temps d'arrivée et de départ et de l'ajustement du chromosome.

A chaque génération, les solutions sont évaluées et la meilleure est retenue. L'algorithme s'arrête lorsque la condition d'arrêt est atteinte. Nous avons testé l'efficacité de notre approche sur des données générées sur le modèle de la procédure proposée par Xiang et al. [6]. Les résultats sont prometteurs pour les expérimentations réalisées jusqu'à présent sur 40 interventions chirurgicales. D'autres expérimentations sont en cours.

4 Conclusion et Perspectives

L'objectif de cette étude est d'établir une base de résultats pour le problème d'ordonnancement d'un bloc opératoire consacrée à la chirurgie ambulatoire. En ce sens, notre travail apporte une première modélisation du problème (FSH à 3 étages) et une résolution par algorithme génétique du point de vue du critère de minimisation du temps d'hospitalisation (makespan).

La suite de notre recherche consiste à intégrer les améliorations permises par le multi-objectif et les modèles d'apprentissage automatique : d'abord, comparer et améliorer ces résultats préliminaires en intégrant à la solution proposée des méthodes d'apprentissage automatiques de différents paramètres. Il s'agira d'entraîner un modèle cohérent du point de vue des données disponibles (Forêt aléatoires ou autre) pour la prédiction des durées opératoires des différents types de chirurgies, supposées ici connues mais en réalité sujettes à des variations significatives. Dans un deuxième temps, nous chercherons à complexifier le modèle pour intégrer les autres objectifs et critères mis en avant par les experts du CHU de Reims lors de nos rencontres. Il s'agira alors d'aller au-delà du makespan.

Références

- [1] Rapport du haut conseil de la santé publique du 1 juin 2021. Virage ambulatoire : pour un développement sécurisé . "hcspr20210601_viragambulpourundveloscuri%20(5).pdf".
- [2] Jatinder N. D. Gupta. Two-stage, hybrid flowshop scheduling problem. *Journal of the Operational Research Society*, 39(4) :359–364, 1988.
- [3] Yang-Kuei Lin and Yin-Yi Chou. A hybrid genetic algorithm for operating room scheduling. *Health care management science*, 23(2) :249–263, 2020.
- [4] Tunahan Timucin and Serdar Birogul. Implementation of operating room scheduling with genetic algorithm and the importance of repair operator. In *2018 2nd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)*, pages 1–6, 2018.
- [5] Chuen-Lung Chen, Venkateswara S. Vempati, and Nasser Aljaber. An application of genetic algorithms for flow shop problems. *European Journal of Operational Research*, 80(2) :389–396, 1995.
- [6] Wei Xiang, Jiao Yin, and Gino Lim. An ant colony optimization approach for solving an operating room surgery scheduling problem. *Computers Industrial Engineering*, 85 :335–345, 2015.