Planification et routage d’infirmières à domicile sous incertitudes – Comparaison de deux modèles

Paul Fleurance, Olivier Péton, María I. Restrepo

IMT Atlantique, Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes (LS2N, UMR CNRS 6004)
{paul.fleurance, olivier.peton, maria-isabel.restrepo-ruiz}@imt-atlantique.fr

Mots-clés : *soins à domicile, optimisation stochastique, optimisation à 2 niveaux, planification d’infirmières, tournées de véhicules*

1 Présentation du problème

Les structures de soins à domicile emploient des infirmières qui se déplacent au domicile des patients pour leur prodiguer des soins. À chaque patient, on associe une ou plusieurs tâches devant être effectuées dans une fenêtre horaire donnée. Le problème de planification et de routage des infirmières (*nurse routing and scheduling problem*) a pour objectif de déterminer, sur un horizon de temps donné, les jours et créneaux horaires travaillés par chaque infirmière, ainsi que les routes empruntées [1].

Nous cherchons à résoudre ce problème sur un horizon de temps de plusieurs jours et en prenant en compte une **incertitude** sur le **temps de service** et la **disponibilité** des infirmières. De plus, nous modélisons la **continuité de soin humaine** comme une contrainte souple : une solution qui privilégie des affectations d’infirmières et de patients habitués les uns aux autres sera considérée comme moins coûteuse. Les solutions de ce problème doivent satisfaire les **contraintes légales** suivantes :

- Minimum et maximum d’heures de travail par jour
- Minimum et maximum de jours de repos hebdomadaire
- Temps de repos minimum entre deux créneaux de travail
- Nombre maximal de nuits consécutives de travail.

La fonction objectif à minimiser est la somme des coûts : salaire, affectation infirmière/patient, transport, heures supplémentaires, retard, appel d’une infirmière en renfort, et sous-traitance des tâches.

Ce problème est résolu par une approche **stochastique en 2-étapes** (*2-stage*), avec les recours suivants :

- Heures supplémentaires : une infirmière peut travailler une durée plus longue que celle du créneau auquel elle est affectée, tout en respectant le maximum légal.
- Renfort : une infirmière au repos peut être rappelée pour travailler si cela est pertinent.
- Sous-traitance : possibilité de faire appel à des infirmières externes pour effectuer des tâches.

Nous avons modélisé ce problème de deux manières : (i) seul le planning des infirmières est décidé au premier niveau ; (ii) le planning des infirmières ET l’affectation des patients aux infirmières sont décidés au premier niveau. La contribution de cette présentation est de fournir une comparaison des performances des deux modélisations.

2 Les deux modélisations

Le Tableau 1 présente une comparaison des deux modélisations. Elles se distinguent principalement par le choix de positionnement de l’affectation infirmière/patients. Les autres différences

sont les conséquences de cette décision. Ainsi, si un patient ne peut être affecté à aucune infirmière, ses tâches sont sous-traitées. Ensuite, certaines contraintes implicites dans le second niveau du Modèle 1 doivent être explicitées dans le premier niveau du Modèle 2. Ce changement rend obsolète le recours au renfort dans le Modèle 2. La suppression de ce recours permet, enfin, de décomposer plus finement le problème et de transformer des problèmes de tournées de véhicules (*VRPTW*) en problèmes de voyageur de commerce (*TSP*) avec contraintes de cohérence temporelle.

	<i>Modèle 1</i>	<i>Modèle 2</i>
Niveau 1		
<i>Décisions :</i>	Planning	Planning Affectation Inf/Patient Sous-traitance d'un patient
<i>Contraintes :</i>	Association Inf/Planning	Association Inf/Planning Patient affecté OU sous-traité Affectations respectent compétences Repos $\Rightarrow$ pas de patient
Niveau 2		
<i>Décisions :</i>	Routes Horaires Sous-traitance d'une tâche Affectation Inf/Patient	Routes Horaires Sous-traitance d'une tâche
<i>Contraintes :</i>	VRPTW min/max temps travaillé/jour	TSP + cohérence temporelle min/max temps travaillé/jour
<i>Décomposition :</i>	par jour par scénario	par jour par scénario par infirmière

TAB. 1 – Présentation des deux modélisations développées

3 Résultats préliminaires

Les premiers résultats disponibles montrent une grande difficulté pour obtenir des bornes inférieures et supérieures pour le Modèle 1 lorsque le nombre d'infirmières augmente. De plus, lorsqu'on réussit à obtenir ces deux valeurs, le GAP entre elles reste conséquent, alors que les résultats disponibles laissent penser que ce GAP est moins important pour le Modèle 2. Cependant, ce modèle est plus flexible sur l'affectation des infirmières aux patients. Ainsi, il semble assez naturel que ce modèle puisse donner de meilleures performances en terme de valeur de solution.

Notre contribution vise donc à analyser ces différents aspects afin de déterminer le modèle le plus pertinent. Ainsi, la présentation lors de la conférence ROADEF 2024, sera axée sur une analyse des résultats de nos expérimentations numériques (travail en cours).

Références

- [1] Stefan Nickel, Michael Schröder, Jörg Steeg. Mid-term and short-term planning support for home health care services *European Journal of Operational Research*, 3(219) :574-587, 2012