Planification des Ressources Humaines en Hospitalisation à Domicile

Mariem Belhor, Adnen El Amraoui, Sondès Chaabane, Abderrazak Jemai, François Delmotte

▶ **To cite this version:**

Mariem Belhor, Adnen El Amraoui, Sondès Chaabane, Abderrazak Jemai, François Delmotte. Planification des Ressources Humaines en Hospitalisation à Domicile : Cas d'Hémodialyse à Domicile. 10ème conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers, GISEH2020, Oct 2020, Valenciennes, France. hal-03198144

HAL Id: hal-03198144
https://uphf.hal.science/hal-03198144

Submitted on 14 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.

Planification des Ressources Humaines en Hospitalisation à Domicile: Cas d'Hémodialyse à Domicile

Mariem BELHOR[1,2], Adnen EL-AMRAOUI[1], Sondes CHAABANE[3], Abderrazak JEMAI[2], François DELMOTTE[1]

1 Univ.Artois, Faculté des Sciences Appliquées- LGI2A - Laboratoire de Génie Informatique et d'Automatique de l'Artois - EA 3926, F- 62400 Béthune, France, (+33) (0) 3 21 63 71 17
2 Univ.Carthage, Ecole Polytechnique de Tunisie- SERCOM- Laboratoire Systèmes Electroniques et Réseaux de COMmunication, 2078 La Marsa, Tunisie, (+216) 71 774 611
3 Univ.Polytechnique Hauts-de-France, CNRS UMR 8201 - LAMIH - Laboratoire d'Automatique, de Mécanique et d'Informatique Industrielles et Humaines, F-59313 Valenciennes, France, (+33) (0) 3 27 51 13 55

E-mails : {mariem.belhor@gmail.com, adnen.elamraoui@univ-artois.fr, sondes.chaabane@uphf.fr, abderrazekJemai@insat.rnu.tn, francois.delmotte@univ-artois.fr}

Résumé. Les établissements d'Hospitalisation à Domicile (HAD) sont largement répandus dans les pays Européens. Ils permettent d'assurer des soins médicaux et paramédicaux importants aux domiciles des patients. Les coûts de transport constituent les dépenses les plus importantes dans le domaine du HAD. Ainsi, nous proposons dans cet article, un nouveau modèle mathématique inspiré du modèle développé pour le problème de Multiples Voyageurs de Commerce (MTSP: Multiple Travelling Salesman Problem) pour optimiser les coûts de déplacement du personnel dans le cadre de l'hémodialyse à domicile.

Mots clés: Hospitalisation à Domicile, Optimisation, Multiple Travelling Salesman Problem (MTSP), Planification des ressources, Hémodialyse

1 Introduction

L'Hospitalisation à domicile (HAD) connaît un grand développement depuis ces dix dernières années. Elle concerne des patients malades de tous âges, atteints de pathologies graves aiguës ou chroniques, évolutives et/ou instables. Parmi les pathologies les plus souvent traitées en HAD, nous citons l'hémodialyse qui consiste à apporter au domicile du patient une machine permettant de filtrer le sang. Un technicien intervient au domicile du patient pour installer la machine et lui rendre visite d'une façon régulière pour assurer le bon fonctionnement de la machine. Le patient bénéficiant du service d'hospitalisation à domicile, doit disposer d'un domicile qui permette de réaliser les séances de dialyse dans de bonnes conditions. Son domicile doit être facile d'accès pour les livraisons et le ramassage des déchets et il doit avoir également un local de stockage pour les produits pharmaceutiques et le matériel nécessaire à la dialyse. [Kergosien et al. 2009]

Le patient peut être visité pendant son hospitalisation à domicile par une seule ou plusieurs ressources humaines. Ces dernières sont caractérisées par leur nature (infirmier, technicien de maintenance, livreur de médicaments, etc.). Elles partent d'un dépôt, desservent un nombre donné de patients dans le bon ordre (le plus court chemin) et reviennent au dépôt à la fin de la journée. Pour le processus de maintenance des machines de dialyses, Chaque patient est servi seulement une fois par mois.

Dans cet article, nous nous intéressons à la planification de tournées des techniciens de maintenance en prenant en compte un ensemble de contraintes telles que la charge maximale de travail du technicien de

maintenance, le plus court chemin pour réaliser le service de maintenance des machines de dialyses et l'équilibre de charge de travail entre les techniciens. Nous proposons ainsi, un nouveau modèle d'optimisation inspiré du modèle développé pour le problème de Multiples Voyageurs de Commerce et qui vise à minimiser les heures de fin de service des techniciens. Le problème MTSP est une version étendue du problème du voyageur de commerce (TSP : Travelling Salesman Problem). L'objectif est de trouver les plus courts chemins qui débutent et se terminent tous au nœud de départ de sorte que chaque nœud intermédiaire doit être visité une seule fois et le coût total de la tournée soit minimisé. [Monnot et al., 2006]

La suite de cet article est organisée comme suit : la section 2 présente une revue de littérature. La section 3 définit le problème et sa formulation mathématique. Les résultats et les interprétations sont présentés dans la section 4. La conclusion et les perspectives sont données à la section 5.

2 Revue de littérature

De nombreux travaux de recherche dans le domaine de HAD ont porté sur la planification des tournées du personnel. Dans [Gayraud et al. 2013], les auteurs ont travaillé sur la planification des infirmiers dont l'objectif est de minimiser le coût de déplacement et maximiser la satisfaction des patients. Ils ont défini un modèle linéaire de type multiples voyageurs de commerce (MTSP) et ils l'ont résolu en utilisant le solveur Cplex. [Issaoui et al. 2015] ont conçu le problème de tournées des infirmiers par un modèle linéaire en nombre entier mixte (MIP) dont l'objectif est de maximiser le nombre de visites. [Aiane et al. 2015] ont proposé un modèle linéaire en nombre entier mixte (MIP) afin d'optimiser les trajets pour le personnel de HAD. Pour résoudre leur problème, les auteurs ont utilisé le solveur Cplex. Dans [Issabakhsh et al. 2018], les auteurs ont appliqué une approche issue du domaine de la recherche opérationnelle pour modéliser le problème en tenant compte des hypothèses telles que l'incertitude de la durée de déplacement dans le cadre d'une dialyse péritonéale (PD). Ils ont ensuite résolu le modèle conçu par le solveur GAMS. Dans le travail de [Chahed, 2008] l'auteur s'est intéressée au processus de livraison des produits anticancéreux dans le cadre d'une prise en charge pour une chimiothérapie à domicile. La livraison des médicaments peut être effectuée par les infirmiers ou par des livreurs spécialisés (salariés de l'établissement d'HAD ou prestataires de service). Pour le problème de distribution des médicaments, nous devons préciser la nature de la ressource à planifier et le choix de la ressource (infirmier = livreur / infirmier ≠ livreur). [Zhang et al. 2010] Dans le premier cas (*infirmier = livreur*), l'infirmier effectue lui-même la livraison des médicaments aux patients. Dans le second cas (*infirmier ≠ livreur*), un livreur effectue sa tournée pour livrer les médicaments aux patients et l'infirmier effectue une autre tournée, généralement synchrone avec la première, pour administrer les médicaments aux patients. Dans ce deuxième cas, les médicaments doivent être livrés avant la visite de l'infirmier. Nous devons définir également le nombre de ressources (ressource unique/ressources multiples) : le nombre de « livreurs » disponibles pour l'établissement HAD. [Zhang et al. 2010] [Aiane et al. 2015].

Dans ce travail, nous nous intéressons au processus de maintenance dans le cadre d'une hémodialyse à domicile. L'organisme de HAD assure le suivi régulier des machines de dialyse installées aux domiciles de ses patients. Nous proposons ainsi un modèle de planification des techniciens de maintenance afin de minimiser les heures de fin de service qui tend en réalité à minimiser les heures supplémentaires et donc minimiser les couts supplémentaires. Notre modèle est inspiré du modèle conçu pour le problème de MTSP dont l'intérêt est de trouver les plus courts chemins pour les techniciens et donc minimiser les coûts de déplacements.

3 Description et formulation mathématique du problème

3.1 Description du problème

Les coûts de transport représentent la principale source de dépenses dans le domaine des soins à domicile. Dans cette partie, nous traitons le problème de planification de techniciens de maintenance dans le contexte du traitement d'hémodialyse à domicile. Pour chaque établissement HAD, il y a un nombre de techniciens disponibles chaque jour qui devrait être programmé. Chaque technicien a une charge maximale de travail (par exemple : 5 heures de travail, de 08H : 00 à 13H : 00), à laquelle nous nous référons. Chaque jour, un ensemble de patients est choisi à l'avance en fonction des capacités quotidiennes des techniciens et des distances à parcourir. L'objectif du modèle que nous proposons est de minimiser la somme des heures de fin de service pour tous les techniciens. La durée du service effectué par un technicien chez un patient est calculée en fonction du temps de déplacement pour y arriver et du temps opératoire. En minimisant les heures de fin de service, nous minimisons les heures supplémentaires et donc nous négligeons les couts supplémentaires. Un patient ne peut être attribué qu'à un seul technicien et un seul à la fois.

Paramètres. Ci-dessous les paramètres de notre modèle :

K : L'ensemble de Techniciens, avec $k = 1..K$
P : L'ensemble de nœuds qui représentent les patients à visiter par les techniciens. Cet ensemble est choisi à l'avance. L'établissement HAD est représenté par le nœud 0.
D_{ij}: Le temps de déplacement entre le nœud i et le nœud j mesurée en minutes avec $i, j \in P.$
S_i: temps opératoire chez un patient i, avec $\in P$.
G_{max}^{k}: L'heure de fin de service pour le technicien k, avec $k \in K$
A : Nombre de trajets total à visiter par tous les techniciens, avec $A = (P-1) + K.$
B : Nombre de trajets total à visiter par un seul technicien avec $\mathrm{B} = \mathrm{A}/\mathrm{K}.$

Variable de décision. la variable de décision est définie comme suit :

$Xijk$ = { 1 Si $le\ traje$t (i, j) est affecté au technicien k ; 0 Sinon }

3.2 Modèle Mathématique

$$Min\ Z = \sum_{k=1}^{K} G_{max}^{k} \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^{P} \sum_{k=1}^{K} X_{0jk} = K \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{P} \sum_{k=1}^{K} X_{i0k} = K \quad (3)$$

$$\sum_{i=0}^{P} \sum_{j=0}^{P} X_{ijk} = B\ , \forall\ k \in K \quad (4)$$

$$G_{max}^{k} \geq \sum_{i=0}^{P} \sum_{j=1}^{P} (D_{ij} + S_i).X_{ijk}, \forall \text{ k} \in \text{K} \quad (5)$$

$$\sum_{j=0}^{P} X_{jik} - X_{ijk} = 0, \forall\, i \in P,\ k \in K \quad (6)$$

$$X_{ijk} \in \{0,1\}, \forall\, i \in, \forall\, j \in P, \forall\, k \in K \quad (7)$$

Notre modèle d'optimisation est représenté par les équations (1-7). La fonction objectif (Eq 1) consiste à minimiser la somme des heures de fins de service pour tous les techniciens. Tous les techniciens doivent commencer leurs tournées à partir de la structure HAD et y retourner à la fin de la journée, contrainte (2) et contrainte (3). La contrainte (4) consiste à équilibrer les charges de travail entre les techniciens en fonction du nombre de trajets à visiter pendant la journée (le technicien visite un nombre déterminé de patients). La contrainte (5) impose que la somme des heures de fin de service pour chaque technicien est supérieure à n'importe quelle heure de fin de service chez un patient. La contrainte (6) permet d'éviter le problème de sous-tours (un technicien visite une et une seule fois un patient). La contrainte (7) indique que la variable de décision X_{ijk} est binaire.

4 Expérimentation

Pour résoudre notre problème, nous avons utilisé l'Environnement de développement intégré « IBM ILOG CPLEX Optimization Studio IDE [1]» (Version 12.8). Cet IDE permet d'accélérer le développement et le déploiement des modèles d'optimisation décisionnels à l'aide de la modélisation mathématique et de la programmation par contraintes. Le solveur CPLEX permettant de résoudre des programmes linéaires en nombres entiers de manière exacte. Plusieurs types d'algorithmes de résolution sont disponibles, en particulier l'algorithme du simplexe.

Les données utilisées pour le test, sont présentées dans le tableau 1. L'établissement HAD est représenté par le nœud 0. Nous avons considéré que le temps de déplacement entre l'établissement HAD et chaque patient est pratiquement le même (D_{0i} =$D_{0j} = 40$). Nous supposons que la durée de service S_i est fixée à l'avance. Le modèle est testé sur un horizon de 3 jours de travail et un ensemble de 10 patients est considéré pour chaque jour.

Tableau 1: Tableau de Paramétrage

Paramètre	Valeur
Nombre de Techniciens	$\text{K} = 2$
Nombre de Patients	$\text{P} \setminus \{0\} = 10$
Nombre total des Nœuds y compris l'organisme HAD	$\text{P} = 11$
Durée de Service S_i $\forall$ i $\in$ P (mesurée en minutes)	$S_i = 20$
Heure de Départ de l'organisme HAD	8H : 00
Nombre de trajets à visiter pour chaque technicien sauf (départ et retour à l'établissement HAD)	A= (P-1)-k = 10-2 =8 B= A/k= 8/2=4 B=4

Le tableau 2 représente le temps de déplacement (en minutes) pour l'ensemble de patients du jour 1.

[1] https://www.ibm.com/fr-fr/analytics/cplex-optimizer

Tableau 2: Les durées de déplacements pour le jour 1

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
1	40	0	95	120	65	30	105	35	20	80	50
2	40	20	0	105	50	20	95	20	30	65	35
3	40	30	65	0	35	35	80	30	20	50	20
4	40	20	50	80	0	50	65	20	35	35	30
5	40	35	20	65	30	0	50	35	50	20	35
6	40	50	20	50	20	80	0	50	65	30	20
7	40	65	30	35	20	95	20	0	80	20	50
8	40	80	20	20	50	20	30	80	0	35	65
9	40	95	35	30	65	120	20	95	105	0	20
10	40	105	50	20	80	135	35	105	120	65	0

En simulant le modèle, on obtient les résultats reportés aux tableaux 3 et 4.

Tableau 3:Résultats du jour1

Technicien 1	**Technicien 2**
Organisme HAD -> 3 -> 8-> 5 ->2 -> 1-> Organisme HAD $*$ G^1_{max} **= 260 min (= 4h20)** ***Heure de fin de service :** 8h00 + 4h20= **12h20 <13h00**	**Organisme HAD -> 7 -> 4-> 6 ->10 -> 9-> Organisme HAD** $*$ G^2_{max} **=260 (= 4h20)** ***Heure de fin de service :** 8h00 + 4h20 = **12h20 <13h00**
Z= 260 min +260 min = **520 min**	

Tableau 4: Heure de fin /début de service

Nœud	**Technicien 1**	**Technicien 2**
Organisme HAD	08h00	08h00
Patient 1	**12h20**	-
Patient 2	11h40	-
Patient 3	08h40	-
Patient 4	-	09h20
Patient 5	10h00	-
Patient 6	-	10h00
Patient 7	-	08h40
Patient 8	09h20	-
Patient 9	**-**	**12h20**
Patient 10	-	11h40

La charge maximale pour chaque technicien est de 5H de travail avec une petite pause déjeuner/café. Les résultats obtenus montrent bien que cette contrainte a bien été respectée. Ces résultats montrent également la

vérification de la contrainte de conservation de flux (*Nombre de sorties de l'organisme HAD= Nombre d'entrée à l'organisme HAD = Nombre de techniciens*)

La figure 1 montre graphiquement l'emplacement du de l'établissement HAD par rapport aux patients.

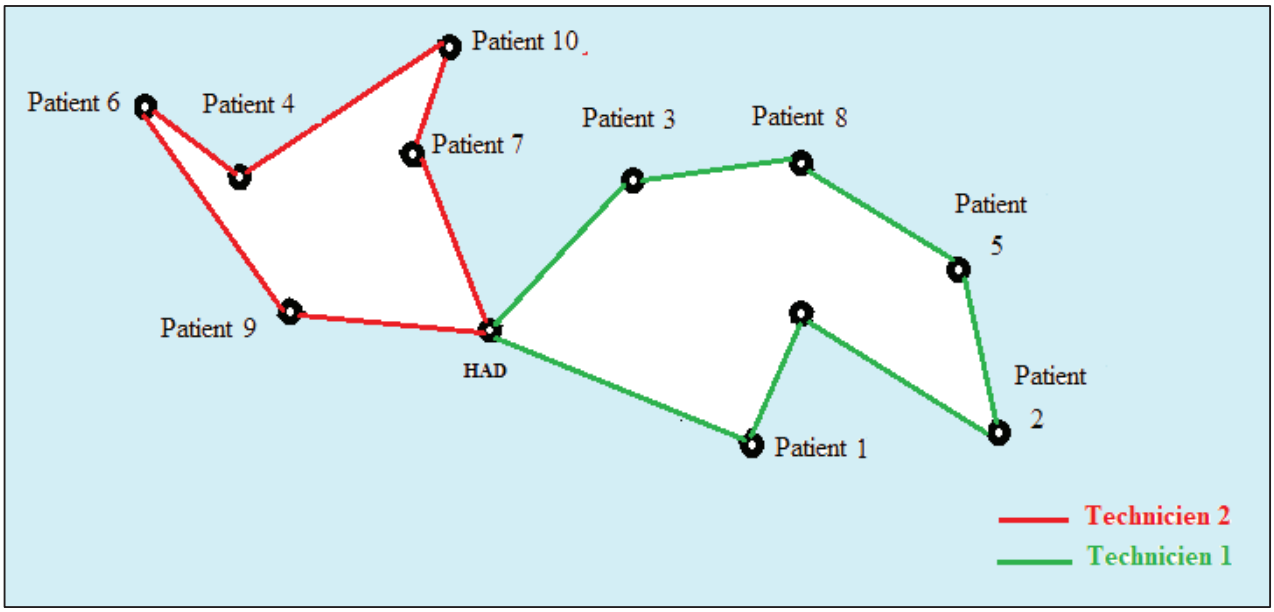

Figure 1: Tournées de Techniciens pour le jour 1

Les illustrations ci-dessous montrent les résultats obtenus pour les ensembles de patients pour le 2ème et 3ème jour.

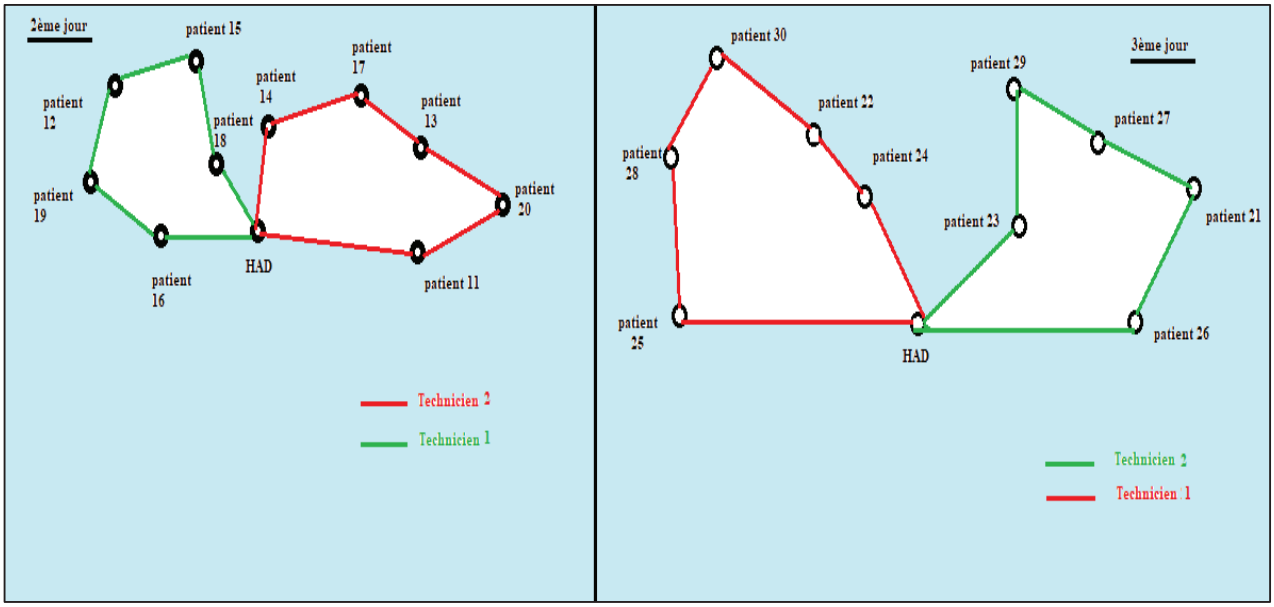

Figure 2: Tournées de techniciens pendant le 2ème et le 3ème jour

Les résultats représentés par les figures 3 et le tableau 5, montrent le respect de l'équilibrage de charge entre les deux techniciens pour l'ensemble des jours de travail.

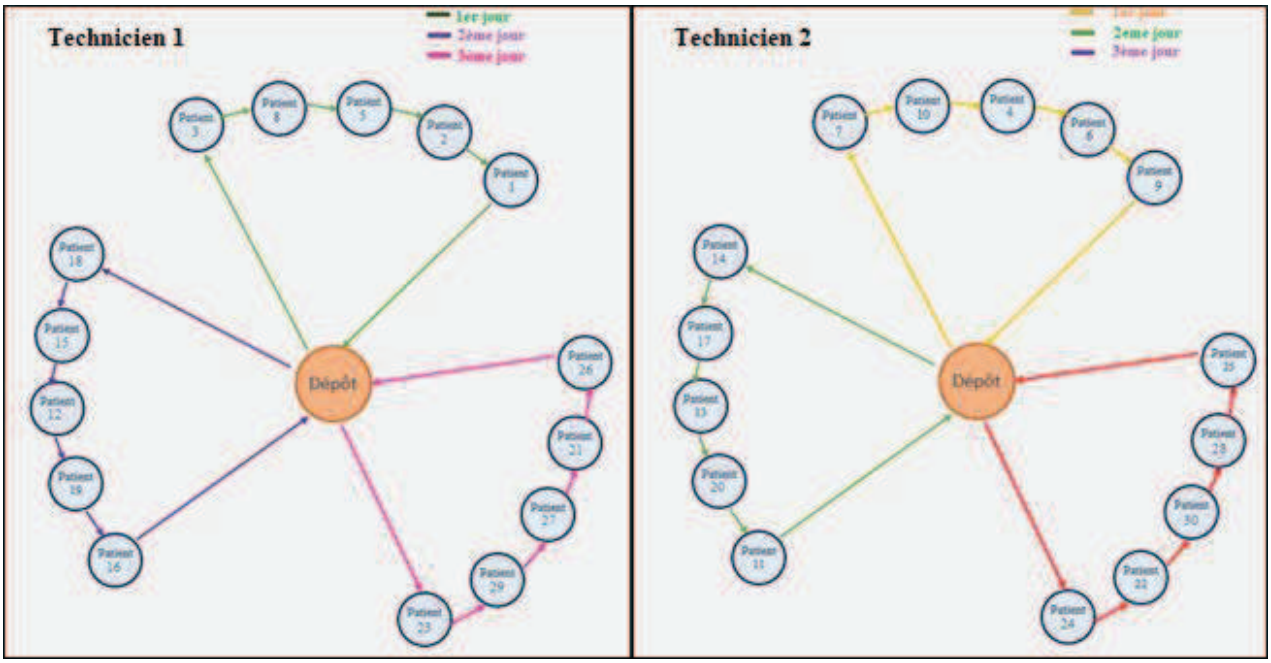

Figure 3: Tournées de chaque technicien pendant les 3 jours

Tableau 5: Equilibre de charge entre les techniciens

	Technicien 1	**Technicien 2**
Nombre de patients à visiter par jour	5 patients	5 patients
Nombre de patients à visiter pendant l'horizon	15 patients	15 patients
Charge de travail quotidienne	4h20 / 5h00	4h20 / 5h00
Temps de pause	40 min / 5h00	40 min / 5h00
Charge de travail sur 3 jours	13h00 / 15h00	13h00 / 15h00

5 Conclusion

Dans ce papier, nous avons proposé un nouveau modèle mathématique qui consiste à planifier les tournées de techniciens de maintenance dans le cadre de l'hémodialyse à domicile. Notre objectif est de minimiser la somme des heures de fins de services, ce qui en pratique tend à minimiser les coûts engendrés par le processus de maintenance des machines de dialyse chez les patients, en optimisant les trajets parcourus et en équilibrant les charges entre les différents techniciens.

Notre modèle est résolu par le solveur CPLEX et il a été validé sur un ensemble d'exemples de petites tailles.
Dans ce travail de recherche, nous avons essayé de minimiser les heures supplémentaires de travail de techniciens et donc minimiser les couts supplémentaires du processus de maintenance. En contrepartie, nous pouvons tomber dans le problème du temps libre. Dans ce cas-là, nous avons pensé à un deuxième objectif qui vise à maximiser le profit de l'organisme HAD en maximisant le nombre de patients.
Dans nos prochains travaux, nous envisageons étendre le modèle proposé en optimisant deux objectifs voire plusieurs et en rajoutant de nouvelles contraintes telles que les fenêtres de disponibilité des patients et les incertitudes au niveau des durées de service et des temps de transport.

Remerciements

Ce travail a été soutenu, en partie, par une bourse de stage accordée par la structure SFR Technologies de Santé et Médicament (http://sfr-tsm.ec-lille.fr/)

Références

Aiane, D., El-Amraoui, A. et Mesghouni, K. (2015). *A New Optimization Approach for a Home Health Care Problem*, 6th IESM Conference, October 2015, Seville.

Chahed, S (2008). *Modélisation et analyse de l'organisation et du fonctionnement des structures d'hospitalisation à domicile* .Laboratoire Génie Industriel Ecole Centrale Paris Grande Voie des Vignes 92925 Châtenay-Malabry Cedex.2008.

Gayraud, F., Deroussi, L. Grangeon, N. et Norre, S. (2013). *A new mathematical formulation for the home health care problem*, CENTERIS 2013 - PRojMAN 2013 - HCIST 2013.

Issabakhsh, M., Hosseini-Motlagh, S.M., Pishvaee, M.S., et Nia, M.S. (2018). *A Vehicle Routing Problem for Modeling Home Healthcare: a Case Study,* International Journal of Transportation Engineering, 5 (3), 211-218.

Issaoui, B., Zidi, L., Marcon, E. et Ghedira, K. (2015). *New Multi-Objective Approach for the Home Care Service Problem Based on Scheduling Algorithms and Variable Neighborhood Descent*, Electronic Notes in Discrete Mathematics 47, 181-188.

Kergosien, Y., Lenté, C. et Billaut, J.C. (2009). *Home Health Care Problem An extended multiple Traveling Salesman Problem.* Multidisciplinary International Conference on Scheduling: Theory and Applications (MISTA 2009) 10-12 August 2009, Dublin.

Monnot, J. et Toulouse, S. (2006). *Le voyageur de commerce et ses variations : un tour d'horizon de ses résolution*. Optimisation Combinatoire volume 5 problèmes paradigmatiques et nouvelles problématiques, Vangelis Th. Paschos (Ed.) (2007) 51-93.
Zhang, T., Marcon, E., Di Mascolo, M. et Wang, T. (2010). *Simulation d'un système de chimiothérapie à domicile piloté par un centre de coordination.* 8e Conférence Internationale de MOdélisation et SIMulation MOSIM'10, 10 au 12 mai 2010, Hammamet.