



**HAL**  
open science

## Planification des tournées des infirmiers dans une structure de soins à domicile

Rym Ben Bachouch, Myriam Fakhfakh, Alain Guinet, Sonia Hajri-Gabouj

► **To cite this version:**

Rym Ben Bachouch, Myriam Fakhfakh, Alain Guinet, Sonia Hajri-Gabouj. Planification des tournées des infirmiers dans une structure de soins à domicile. 2009. hal-00381510

**HAL Id: hal-00381510**

**<https://hal.science/hal-00381510>**

Preprint submitted on 5 May 2009

**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 de la tournée des infirmiers dans une structure de soins à domicile

BEN BACHOUCH Rym<sup>1,2</sup>, FAKHFAKH Myriam<sup>1</sup>, GUINET Alain<sup>1</sup>, HAJRI-GABOUJ Sonia<sup>2</sup>

<sup>1</sup> LIESP, INSA de Lyon, F-69621, +33 4 72 43 79 94,

<sup>2</sup> URAII, INSAT Centre urbain nord, BP 676, 1080 Tunis Cedex, Tunisie, +216 71 70 38 29

Email : rym.ben-bachouch@insa-lyon.fr ; myriam.fakhfakh@insa-lyon.fr; alain.guinet@insa-lyon.fr; sonia.gabouj@insat.rnu.tn

## Résumé.

L'engorgement des hôpitaux, l'augmentation de la demande des soins et le vieillissement de la population sont autant de facteurs qui incitent à reconsidérer l'organisation du système hospitalier Français entraînant ainsi l'apparition de nouvelles structures de soins à domicile. Ces structures assurent des soins médicaux continus et coordonnés chez le patient. En raison du grand nombre d'acteurs qui participent au processus de soins à domicile, de la variété des décisions cliniques et organisationnelles et de la difficulté de synchronisation des ressources humaines et matérielles, la gestion du planning de tournées des infirmiers est une problématique difficile qui constitue le point central de notre travail. Nous décrivons une méthode exacte qui repose sur l'élaboration d'un modèle mathématique par programmation linéaire mixte permettant d'affecter à chaque infirmier un ensemble de patients à visiter durant sa tournée. Ce modèle est résolu par deux solveurs de référence : LINGO de LINDO SYSTEMS et ILOG OPL-CPLEX STUDIO de ILOG. Les résultats obtenus sont comparés pour déterminer quelle est l'outil le plus performant pour résoudre ce modèle.

**Mots clés:** Planification des ressources, hospitalisation à domicile, modélisation mathématique, tournées des infirmiers.

## Introduction

Depuis une vingtaine d'années, face à la naissance de nouveaux besoins et l'accroissement des demandes des patients, le nombre de lits hospitaliers n'a fait que diminuer. Par ailleurs, le vieillissement de la population a engendré une augmentation du nombre de personnes atteintes de maladies chroniques dégénératives donnant lieu à des incapacités fonctionnelles et à des handicaps pour lesquels une prise en charge assurant le confort du patient est indispensable. De ce fait, de nouvelles structures de prise en charge alternatives à l'hospitalisation classique, ont vu le jour. Il s'agit de structures d'hospitalisation à domicile permettant d'assurer chez le malade, pour une période limitée mais révisable, des soins médicaux et paramédicaux continus et coordonnés.

En raison du grand nombre d'acteurs qui participent au processus de soins à domicile, de la variété des décisions cliniques et organisationnelles et de la difficulté de synchronisation des ressources humaines et matérielles, la gestion du planning de tournées des infirmiers est une problématique difficile. Dans cet article, nous nous intéressons à la planification de la tournée des infirmiers dans une structure de soins à domicile. Dans ce qui suit, nous présentons tout d'abord les principaux travaux qui ont traité à la planification des tournées des infirmiers. Nous procédons ensuite à une modélisation de la problématique abordée par programmation linéaire mixte. Le modèle est par la suite résolu à l'aide de deux solveurs. Les résultats obtenus sont analysés et commentés. Pour finir, nous exposons quelques perspectives de recherche.

# 1 Etat de l'art

Nous nous sommes intéressés particulièrement aux travaux qui ont traité de la problématique des tournées des infirmiers et de la répartition des ressources en unité de soins à domicile.

Cheng (Cheng et Rich, 1998) aborde le problème de tournées des infirmiers dans une unité de soins à domicile en utilisant le problème de routage de véhicules avec fenêtres temporelles. Deux types d'infirmiers sont considérés : des infirmiers à temps plein, salariés et pour lesquels des heures supplémentaires doivent être payées et des infirmiers à temps partiel, rémunérés à l'heure. Il s'agit aussi de permettre à chaque infirmier d'effectuer un ensemble de visites tout en lui accordant une pause déjeuner et en respectant la plage horaire de travail de chacun. Le problème consiste donc, à trouver une planification optimale de la tournée des infirmiers qui permette de minimiser les coûts dus aux heures supplémentaires pour les infirmiers à temps plein et au travail des infirmiers à temps partiel. Begur (Begur *et al*, 1997) prend en compte des contraintes de construction d'itinéraire, de disponibilité d'infirmiers et de besoin des patients pour la réalisation du planning de tournée des infirmiers. Les jours de visite des patients sont fixés à l'avance. Le système intègre les plans de la ville et permet de visualiser la route du planning de chaque infirmier. De Angelis (De Angelis *et al*, 1998) traite du problème d'allocation de ressources dans le cas de soins à domicile et plus précisément pour le cas de patients sidéens. Il propose une modélisation mathématique par programmation linéaire pour la répartition des ressources entre les patients nécessitant une assistance à domicile (assistance médicale, assistance sociale ou accompagnement de patients). De Angelis distingue deux types de problèmes : un problème local d'allocation des ressources et un problème global concernant le budget que doit allouer le service de santé public à l'assistance médicale à domicile. Borsani (Borsani *et al*, 2006) propose un modèle mathématique linéaire en nombres entiers pour planifier à court terme les ressources humaines permettant les soins à domicile. Le modèle traite le problème du choix des aides soignants à affecter à chaque patient et du moment adéquat pour l'attribution des soins sur l'horizon de planification. Boldy (Boldy et Howell, 1980) présente l'implémentation d'une approche basée sur des outils de la Recherche Opérationnelle, pour l'allocation des ressources d'une organisation de soins à domicile réparties sur différents secteurs géographiques. L'approche proposée prend en compte un ensemble de critères tels que la répartition de la charge de travail entre les différents territoires, les données des patients, les données des services auxiliaires...etc. Elle propose plusieurs allocations possibles et c'est au manager de choisir la meilleure allocation à implémenter connaissant les hypothèses et les critères à prendre en compte. Thomson (Thomson, 2006) assimile le problème de tournées du personnel à un problème de tournées de véhicules avec fenêtres de temps auquel elle intègre la prise en compte de visites partagées (deux aides soignants pour une même visite). L'objectif est de réduire le temps total de déplacement et d'augmenter le nombre de visites assurées par le personnel permanent. L'approche proposée s'appuie sur une modélisation mathématique. Les contraintes prises en compte assurent que tous les visiteurs soient permanents pour le suivi du traitement et le confort du patient (chaque patient reçoit toujours le même soignant). (Chiba *et al*, 2005) propose un outil d'aide à la décision basé sur un système multi-agent pour planifier les tournées des infirmiers dans une structure de soins à domicile. Le plan de soins établi permet de prendre en compte les disponibilités des soignants, leurs qualifications et la relation entre les soignants et les patients. Les tournées ainsi établies sont proposées aux acteurs de la structure. Ces derniers sont libres de confirmer ou de refuser les nouveaux plannings. Blais (Blais *et al*, 2003) propose une approche permettant la gestion du territoire canadien en le subdivisant en unités de base. Cinq critères doivent être respectés pour le partitionnement, à savoir l'indivisibilité des unités de base (les zones étant constituées par des unités de base), le respect des frontières, les relations entre les différentes unités, la mobilité du personnel (moyens de transport) et le partage équitable de la charge de travail des infirmiers (entre différentes zones du territoire). L'approche proposée repose sur la recherche tabou hybridée avec un algorithme élaboré par Bozkaya (Bozkaya *et al*, 2003) dans lequel Blais apporte des modifications au niveau de la fonction objectif à optimiser. Il utilise une approche multicritère en relaxant les contraintes souples (mobilité, équilibre de la charge de travail) et en les intégrant dans la fonction objectif. Etant donné la taille du territoire Québécois, Hertz (Hertz et

Lahrichi, 2006) propose de le diviser en 6 zones en assignant à chaque zone une équipe pluridisciplinaire de professionnels. Ceci permet de faciliter l'affectation des patients aux équipes de soins et de réduire les temps de déplacement, augmentant ainsi le nombre de visites. Le partitionnement des zones s'effectue en tenant compte du nombre de patients dans chaque zone et des heures de soins nécessaires afin d'assurer un équilibre de charge de travail entre les différents infirmiers. Bertels (Bertels *et al*, 2006) propose une méthode hybride combinant programmation linéaire, programmation par contraintes et méta heuristique permettant de minimiser les coûts de transport et de maximiser la satisfaction des patients. Plusieurs critères sont pris en compte tel que les préférences des patients, qualifications des infirmiers, coût de transport, satisfaction des patients...etc. Eveborn (Eveborn *et al*, 2006) propose un outil à base de méthodes d'optimisation et d'heuristiques pour la réalisation du planning des infirmiers en réduisant le temps de transport et le temps d'attente des patients. Eveborn procède par couplage successif. Chaque visite et chaque professionnel sont respectivement associés à une tournée. La fusion de deux éléments (visites et professionnels) est ensuite obtenue à l'aide de règles heuristiques et d'une recherche locale.

Plusieurs travaux se sont intéressés aux problèmes de tournées des infirmiers. Le tableau 1 présente une classification des travaux cités précédemment et pour lesquels nous avons pu répertorier les différentes contraintes prises en compte.

Tableau 1. Tableau récapitulatif des contraintes prises en compte dans les différents travaux

Contraintes et hypothèses	Critère optimisé	Prise en compte de la qualification des infirmiers	Fenêtre de temps pour les soins des patients	Pause déjeuner pour les infirmiers	Même durée pour toutes les visites	Infirmiers réguliers	Une et/ou plusieurs visite(s) /jour /patient	Temps de transport inclut dans la durée des visites	Prise en compte de visites partagées	Fenêtre de temps de travail pour les infirmiers	Méthode exacte
<b>Références</b>											
[Cheng & Rich, 1998]	Coût des heures de travail	X	X	X							X
[Begur & al, 1997]	Temps de transport	X					X				X
[De Angelis, 1998]	Nombre de visites										X
[Borsani & al, 2006]	Equilibrer la charge de travail	X	X		X	X	X	X			X
[Thomson, 2006]	Temps de transport+nombre de visites					X	X		X		X
[Bertels & Fahle, 2005]	Coût de transport		X			X				X	
[Eveborn & al, 2006]	Temps de transport+temps d'attente des patients	X	X	X		X			X		
<b>Notre approche</b>	<b>Durée totale du trajet parcouru</b>		X	X		X	X	*	X		X

\* : Dans notre approche on considère que le temps de transport est indépendant de la durée de visite du patient.

On peut constater la variété des contraintes et hypothèses prises en compte dans les différents travaux réalisés. On remarque que certaines ne semblent pas être intéressantes à considérer (cas d'une même durée pour toutes les visites) et d'autres peuvent être formulées autrement (cas du temps de transport inclut dans la durée de visite). Notre approche est une méthode exacte qui repose sur l'élaboration d'un modèle mathématique par programmation linéaire mixte. Le modèle établi minimise la durée du trajet total parcouru en considérant les contraintes de fenêtres de temps des visites des patients (disponibilité des patients), de pause déjeuner pour les infirmiers, d'infirmiers réguliers visitant toujours le même patient, de durée de visite propre à chaque patient, de temps de transport indépendant de la durée de visite des patients et de visites partagées (cas de deux infirmiers ou plus pour une même visite).

## 2 Modélisation

Dans cette section, nous présentons le modèle établi pour la détermination du planning de tournées des infirmiers en unité de soins à domicile.

### 2.1 Description de la problématique abordée

La réalisation du planning de tournées des infirmiers est une tâche difficile et laborieuse à cause des différentes contraintes à prendre en compte. Il s'agit d'établir le meilleur planning permettant de minimiser la durée du trajet parcouru par les infirmiers tout en assurant une bonne qualité de soins aux patients (Fakhfakh, 2007). Chaque infirmier effectue une tournée par jour. Pour chaque malade nécessitant une prise en charge à domicile, nous enregistrons son heure de visite au plus tôt, son heure de visite au plus tard, la durée de soins et le nombre d'infirmiers nécessaires pour le soigner (cas de visites partagées).

### 2.2 Modèle mathématique

Pour réaliser le planning de tournées des infirmiers, nous avons établi le modèle mathématique linéaire mixte décrit ci-dessous.

La solution recherchée sera décrite au moyen des données suivantes :

- $T\hat{o}t_j$  : Heure de visite au plus tôt du patient  $j$  exprimée en minutes,
- $Tard_j$  : Heure de visite au plus tard du patient  $j$  exprimée en minutes,
- $D_j$  : Durée de soins du patient  $j$  exprimée en minutes,
- $nb_j, nb_k$  : Nombre d'infirmiers nécessaires pour la visite du patient  $j$  respectivement  $k$ ,
- $Trajet_{j,k}$  : Trajet séparant le domicile du patient  $j$  du domicile du patient  $k$  exprimé en minutes,
- $HV$  : Constante positive très grande,
- $N$  : Nombre d'infirmiers,
- $T$  : Horizon de planification en jour,
- $P$  : Nombre de patients,
- $Dur\_max$  : Durée maximale d'une tournée effectuée par un infirmier.

Les variables de décisions sont les suivantes :

$$- Y_{i,j,k,t} = \begin{cases} 1 & \text{si l'infirmier } i \text{ visite le patient } k \text{ après le patient } j \text{ à la période } t \\ 0 & \text{Autrement} \end{cases}$$

-  $Arrive_{i,j,t}$  : date d'arrivée de l'infirmier  $i$  chez le patient  $j$  à la période  $t$ .

En utilisant les différentes notations décrites ci-dessus, la formulation du programme linéaire mixte est la suivante :

$$\text{Minimiser } \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^P \sum_{t=1}^T Y_{i,j,k,t} \cdot Trajet_{j,k} \quad (1)$$

Sous les contraintes

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=0}^P Y_{i,j,k,t} = nb_k \quad \forall j \neq k \quad \forall t = 1..T \quad \forall k = 1..P \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{k=0}^P Y_{i,j,k,t} = nb_j \quad \forall j \neq k \quad \forall t = 1..T \quad \forall j = 1..P \quad (3)$$

$$\begin{aligned} Arrive_{i,k,t} &\geq Arrive_{i,j,t} + D_j + Trajet_{j,k} + (Y_{i,j,k,t} - 1) \cdot HV \\ \forall i = 1..N \quad \forall j \neq k \quad \forall k = 1..P \quad \forall j = 1..P \quad \forall t = 1..T \end{aligned} \quad (4)$$

$$Tôt_k \leq Arrive_{i,k,t} \quad \forall k = 1..P \quad \forall t = 1..T \quad \forall i = 1..N \quad (5)$$

$$Arrive_{i,k,t} \leq Tard_k \quad \forall k = 1..P \quad \forall t = 1..T \quad \forall i = 1..N \quad (6)$$

$$Arrive_{i,j,t} + D_j + Trajet_{j,0} \leq Dur_{max} \quad \forall j \neq k \quad \forall k = 1..P \quad \forall i = 1..N \quad \forall t = 1..T \quad \forall j = 1..P \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^P Y_{i,j,k,t} \cdot i = \sum_{i=1}^N \sum_{h=1}^P Y_{i,h,k,t+1} \cdot i \quad \forall h \neq k \quad \forall j \neq k \quad \forall t = 1..T \quad \forall k = 1..P \quad \forall j = 1..P \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=0}^{P+N} Y_{i,j,h,t} \cdot i = \sum_{i=1}^N \sum_{k=0}^{P+N} Y_{i,h,k,t} \cdot i \quad \forall h \neq k \quad \forall j \neq h \quad \forall t = 1..T \quad \forall h = 1..P+N \quad (9)$$

$$Y_{i,a,b,t} = 0 \quad \forall i = 1..N \quad \forall t = 1..T \quad (10)$$

$$\sum_{j=P+1}^{P+N} \sum_{k=0}^P Y_{i,j,k,t} = 1 \quad \forall j \neq k \quad \forall i = 1..N \quad \forall t = 1..T \quad (11)$$

$$\sum_{j=0}^P \sum_{k=P+1}^{P+N} Y_{i,j,k,t} = 1 \quad \forall j \neq k \quad \forall i = 1..N \quad (12)$$

$$\forall t = 1..T$$

$$Y_{i,j,k,t} \in \{0,1\} \quad \forall i = 1..N \quad \forall j = 1..P \quad \forall k = 1..P \quad \forall t = 1..T \quad (13)$$

$$Arrive_{i,j,t} \geq 0 \quad \forall i = 1..N \quad \forall j = 1..P \quad \forall t = 1..T \quad (14)$$

La fonction objectif (1) minimise la durée totale du trajet parcouru. Les contraintes (2) et (3) assurent que chaque patient est visité par autant d'infirmiers que ses soins le nécessitent. Ce nombre est défini par la donnée  $nb$ . Dans ces contraintes, nous avons modifié l'intervalle des patients qui était  $[1,N]$  en l'étendant à  $[0,N]$ . Ceci nous permet de considérer l'HAD comme un patient fictif d'indice '0'. Ainsi, les infirmiers partent du patient '0' qui est l'HAD et y reviennent à la fin de leur tournée. Les contraintes (4) fixent la date d'arrivée de l'infirmier  $i$  chez le patient  $k$  visité après le patient  $j$ . Cette date est calculée à partir de la distance séparant les domiciles de deux patients visités successivement, de la durée des soins et de la date d'arrivée chez le patient précédent. Les contraintes (5) et (6) garantissent que la date d'arrivée de l'infirmier chez le patient est comprise dans la fenêtre de temps  $[Tôt, Tard]$  correspondant à la disponibilité de ce dernier. Les contraintes (7) assurent que pour chaque infirmier, une durée maximale de tournée est fixée et ne doit pas être dépassée. La durée totale de la tournée de chaque infirmier est calculée en fonction de la date d'arrivée chez le patient, de la durée des soins et de la durée du trajet séparant le domicile du patient de l'HAD (cette dernière est considérée comme patient d'indice 0). Les contraintes (8) garantissent que chaque patient est toujours soigné par le même infirmier durant toute la période des soins. Pour assurer une cohérence des visites et des affectations des pauses, nous avons établi les contraintes (9). Nous avons étendu l'intervalle de variations des indices des patients  $j$  et  $k$  à  $[0, P+N]$ . L'indice '0' comme nous l'avons évoqué précédemment nous permet de considérer l'HAD comme un patient fictif. Le nombre de pauses est égal au nombre d'infirmiers. On étend ainsi la borne supérieure de l'intervalle à  $P+N$  pour pouvoir prendre en compte les pauses et les considérer comme des patients fictifs auxquels sont affectés les infirmiers. Par ailleurs, chaque infirmier ne prend qu'une seule pause par journée. Cette fonction est assurée par les contraintes (11) et (12). La cohérence entre les différentes pauses attribuées est assurée par les contraintes (9).

Les contraintes (10) fixent une distance maximale à ne pas dépasser entre deux visites successives par le même infirmier afin de limiter son rayon d'action (définition de zone). Les constantes a et b seront fixées ultérieurement. Les contraintes (13) et (14) sont des contraintes d'intégrité.

### 3 Résolution

Le modèle mathématique présenté ci-dessus est résolu par deux solveurs : LINGO de LINDO SYSTEMS et ILOG CPLEX OPL STUDIO d'ILOG. Dans un premier temps, nous présentons les résultats obtenus sur un exemple afin de montrer la faisabilité du modèle proposé. Nous présentons dans un deuxième temps, les résultats obtenus pour la résolution du programme linéaire par les deux solveurs cités précédemment pour une comparaison des performances.

Nous réalisons nos expérimentations sur un pc Intel® Pentium® M fonctionnant avec un processeur de 1500MHZ et 1 Go de mémoire RAM.

#### 3.1 Exemple de résolution

Nous choisissons d'illustrer les résultats pour le cas de 7 patients et 3 infirmiers sur un horizon de 5 jours, cas librement inspiré à partir d'ordre de grandeur issus de la réalité. La durée maximale de tournée d'un infirmier est de 8 heures par jour durant lesquelles il prend une pause de 45 minutes. Le tableau 2 illustre les données relatives à chaque patient. Les durées des trajets séparant les domiciles respectifs des patients et l'HAD sont indiqués dans le tableau 3. Toutes les durées considérées sont données en minutes.

Tableau 2. Données patients

<i>Patients</i>	<i>Tôt<sub>j</sub></i>	<i>Tard<sub>j</sub></i>	<i>D<sub>j</sub></i>	<i>nb<sub>j</sub></i>
1	60	120	30	2
2	120	180	15	2
3	240	300	45	1
4	360	420	15	1
5	60	120	60	1
6	180	240	30	1
7	300	360	45	1

Tableau 3. Trajet entre les domiciles des patients et l'HAD

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	15	5	10	7	20	25	17
1	15	0	8	13	10	12	16	13
2	5	8	0	30	25	10	9	14
3	10	13	30	0	22	18	24	16
4	7	10	25	22	0	15	10	20
5	20	12	10	18	15	0	14	22
6	25	16	9	24	10	14	0	10
7	17	13	14	16	20	22	10	0

Tableau 4. Temps d'arrivées des infirmiers chez les patients

Patients	Temps d'arrivée	Infirmiers
1	60	<i>l<sub>1</sub> &amp; l<sub>2</sub></i>
2	180	<i>l<sub>1</sub> &amp; l<sub>3</sub></i>
3	300	<i>l<sub>3</sub></i>
4	420	<i>l<sub>1</sub></i>
5	102	<i>l<sub>1</sub></i>
6	240	<i>l<sub>2</sub></i>
7	360	<i>l<sub>2</sub></i>

On obtient une solution optimale globale au bout de 9 secondes de calcul avec une valeur de la fonction objectif de 815 minutes. Les tableaux 4 et 5 illustrent les résultats obtenus. Le tableau 4 montre que chaque patient reçoit la visite d'autant d'infirmiers que ses soins le nécessitent. Ces infirmiers arrivent au même moment au domicile du patient. Ce tableau nous permet aussi de voir que les dates d'arrivée des infirmiers chez les patients sont comprises dans les fenêtres de temps [Tôt, Tard]. Le tableau 5 représente les tournées de chaque

infirmier. On voit bien que le calcul des temps d'arrivée est fonction des fenêtres de temps, des disponibilités des patients, des durées de soins et des distances séparant les domiciles des patients. On constate aussi que chaque infirmier dispose d'une pause durant sa tournée.

Tableau 5. Tournées des infirmiers

Infirmiers		Tournées						
<i>Infirmiers<sub>1</sub></i>	Tournée	HAD	1	5	2	P*	4	HAD
	Temps d'arrivée (mn)	0	60	102	180	240	420	442
<i>Infirmiers<sub>2</sub></i>	Tournée	HAD	1	P*		6	7	HAD
	Temps d'arrivée (mn)	0	60	180		240	360	422
<i>Infirmiers<sub>3</sub></i>	Tournée	HAD	2		P*		3	HAD
	Temps d'arrivée (mn)	0	180		240		300	442

P\* : Pause.

### 3.2 Comparaison des performances

Pour comparer les performances des deux solveurs cités précédemment, nous avons réalisé un ensemble d'essais en faisant varier quatre paramètres : le nombre d'infirmiers, le nombre de patients, l'horizon de planification et le nombre de visites partagées. Le tableau 6 représente les résultats obtenus.

Tableau 6. Différents cas de planification

Nombre d'infirmiers	Nombre de patients	Nombre de visites partagées	Horizon de planification (jours)	Valeur de la fonction objectif		Optimum		Temps de résolution (en secondes)	
				Lingo	Cplex	Lingo	Cplex	Lingo	Cplex
3	7	0	1	149	149	Oui	Oui	1	2
3	7	2	1	163	163	Oui	Oui	1	1
3	7	2	5	815	815	Oui	Oui	3	3
5	10	0	1	200	X	Oui	X	9186 (2h33mn6s)	X
5	10	4	1	232	X	Oui	X	1h18mn10s	X (4H38mn41s)
5	10	2	5	1163	X	Non	X	X 9h0mn56s	X 5h54mn51s

X : Résolution interrompue

Pour le premier cas où nous réalisons le planning des infirmiers sur une journée avec 3 infirmiers et 7 patients sans visites partagées, nous remarquons que les temps de résolution sont pratiquement identiques. Toutefois, lorsque nous nous intéressons aux dates d'arrivée des infirmiers chez les patients, nous remarquons qu'avec CPLEX OPL STUDIO d'ILOG nous obtenons de meilleures dates d'arrivées qui se rapprochent plus des disponibilités au plus tôt des patients.

Concernant le cas 5 infirmiers et 10 patients sans visites partagées et pour une planification d'une journée, nous avons obtenu un planning après 2H33mn avec LINGO alors que CPLEX OPL STUDIO ne donne pas de résultats après 4H56mn de calcul. Nous avons choisi d'interrompre la résolution avec CPLEX.

On remarque que pour des modèles de petites tailles, les résultats obtenus par les deux solveurs sont pratiquement identiques. Pour des tailles plus importantes du modèle, les solveurs prennent des heures pour donner les solutions et finissent par ne plus en donner.

Du fait d'un manque de mémoire, le dernier exemple n'a pas pu être résolu par CPLEX et la résolution a été interrompue.

### Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté un outil d'aide à la décision permettant de réaliser les tournées des infirmiers d'une structure de soins à domicile. On a pu ainsi réaliser un planning d'affectation des patients aux

infirmiers tout en prenant en compte un ensemble de contraintes (disponibilité des patients, visites partagées, pause des infirmiers...etc).

Notre méthode est basée sur une modélisation mathématique par programmation linéaire mixte dont l'objectif est de minimiser le trajet total parcouru par les infirmiers. Pour résoudre ce modèle, nous avons utilisé deux solveurs LINGO et CPLEX. Notre modèle permet d'établir une tournée pour chaque infirmier tout en tenant compte des fenêtres de temps des disponibilités des patients, des pauses déjeuner pour les aides soignants, de la permanence des infirmiers à visiter le même patient, des durées de visites, des durées de déplacement entre les domiciles des patients et des visites partagées. On a pu aussi voir que toutes les contraintes citées sont respectées. Les deux solveurs utilisés permettent de résoudre ce modèle. Toutefois, nous avons remarqué qu'une différence existe au niveau des dates d'arrivée qui étaient mieux calculées par le solveur CPLEX.

Pour rendre ce modèle encore plus performant, il serait envisageable de considérer des contraintes pour intégrer la prise en compte de la qualification des infirmiers et de penser à planifier les tournées sur des horizons plus étendus. Il serait aussi intéressant de prendre en compte des fenêtres de temps des disponibilités des infirmiers et d'envisager un équilibre dans la répartition des charges entre les soignants. Il serait aussi intéressant de modifier la fonction objectif en y intégrant une minimisation de la différence entre la date d'arrivée de l'infirmier chez le patient et son heure de visite au plus tôt.

## Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un financement de l'Ecole Nationale Supérieure de Sécurité Sociale (EN3S) de Saint Etienne dans le cadre d'une thèse de doctorat portant sur l'hospitalisation à domicile.

## Références

- Begur S.V., Miller D.M., Weaver J.R., (1997) 'An integrated spatial Decision Support System for scheduling and routing home health care nurses'. Institute of operations research and the management science, 35-48.
- Bertels S., Fahle T., (2006) 'A hybrid setup for a hybrid scenario: combining heuristics for the home health care problem', Computers & Operations Research 33 p. 2866–2890.
- Blais M, Lapierre S. D., Laporte G., (2003) 'Solving a home care districting problem in an urban setting', Journal of the Operational Research Society 54, p. 1141–1147.
- Boldy D., Howell N., (1980) 'The geographical allocation of community care resources \_A case study', Journal of the Operational Research Society 31, p. 123-129.
- Borsani V., Matta A., Beschi G., Sommaruga F., (2006) 'A home care scheduling model for human resources', Service Systems and Service Management, International Conference on, p. 449-454.
- Bozkaya B, Erkut E, Laporte G (2003). 'A tabu search heuristic and adaptive memory procedure for political districting'. Eur J Oper Res 144: 12–26.
- Chiba M., Itabashi G., Takhashi K., Kato Y., (2005) 'A support system for home care service based on multi-agent system', International Conference on Information Communication and Signal Processing, p. 1052-1056.
- Cheng E., Rich J. L., (1998) 'A home care routing and scheduling problem', Technical Report TR98-04, Department of Computational And Applied Mathematics, Rice University.
- De Angelis V., (1998) 'Planning Home Assistance for AIDS Patients in the City of Rome, Italy', Institute of operations research and the management science 28, p. 75-83.
- Eveborn P., Flisberg P., Ronnqvist M., (2006) 'LAPS CARE—an operational system for staff planning of home care', European Journal of Operational Research 171, p. 962-976.
- Fakhfakh M., (2007) 'Hospitalisation hors les murs', mémoire de master de recherche en informatique, Lyon 1, 33 pages.
- Hertz A., Lahrichi N., (2006) 'Client assignment algorithms for home care services', rapport technique, Département de mathématiques et de génie industriel, Ecole Polytechnique de Montréal.
- Thomson K., (2006) 'Optimization on home care', thèse de doctorat, Informatics and Mathematical Modelling, Technical University of Denmark, DTU.