



**HAL**  
open science

## Planification de ressources mutualisées : le cas des infirmiers anesthésistes

Lorraine Trilling, Alain Guinet, Dominique Le Magny

► **To cite this version:**

Lorraine Trilling, Alain Guinet, Dominique Le Magny. Planification de ressources mutualisées : le cas des infirmiers anesthésistes. Conférence JDMACS-JNMACS 2005, Sep 2005, Lyon, France. pp.1-7. hal-00377628

**HAL Id: hal-00377628**

**<https://hal.science/hal-00377628>**

Submitted on 22 Apr 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 ressources mutualisées : le cas des infirmiers anesthésistes

*Lorraine Trilling, Alain Guinet*

Lab. PRISMa  
INSA de Lyon, 69621 Villeurbanne Cedex  
lorraine.trilling@insa-lyon.fr

*Dominique Le Magny*

Centre Hospitalier de Valence  
179, bd Maréchal Juin, 26953 Valence  
dlemagny@ch-valence.fr

## RESUME

Recherchant la diminution des coûts par une meilleure utilisation de leurs ressources, les hôpitaux se dirigent vers la mutualisation des moyens matériels et humains, notamment dans le secteur chirurgical et anesthésique. Cette communication s'intéresse à la modélisation et à la résolution du problème d'affectation des infirmiers anesthésistes diplômés d'Etat (IADE), qui ont une activité transversale au sein du plateau médico-technique (PMT) et sont majoritairement mutualisés. Le problème est modélisé sous la forme d'un programme linéaire en nombre entiers et résolu à l'aide du solveur LINGO8.

**MOTS CLES** : planification de personnel, infirmiers anesthésistes, programmation linéaire entière.

## ABSTRACT

In order to reduce cost and to optimize the use of resources, hospitals are prompted to regroup facilities and human resources. This paper focuses on the anaesthesiology nurse scheduling in the surgical units. Anaesthesiology nurses constitute one of the most shared resources of the surgical unit. They can work in a cross way over several surgical specialities and different types of activities. In this paper, mathematical integer linear programming (ILP) is used to formulate the assignment problem. The ILP model is solved using LINGO8.

**KEYWORDS** : staff scheduling, anaesthesiology nurses, mutualisation, integer linear programming (ILP).

## INTRODUCTION

Dans un contexte budgétaire restrictif, obligeant les hôpitaux à travailler avec des enveloppes limitées et fermées, la rationalisation des coûts s'impose. L'une des stratégies préconisées est le regroupement de moyens qui se matérialise dans le secteur chirurgical par la création de blocs opératoires pluridisciplinaires de grande tailles, appelés également plateaux médico-techniques (PMT). Cette mutualisation des ressources pose de nombreux problèmes organisationnels et opérationnels, tant au niveau humain que matériel. La répartition adéquate du personnel infirmier et soignant est donc une préoccupation majeure des directions de département infirmier et des cadres de santé. En effet le personnel représente plus de 75% du bud-

get de l'hôpital, et son emploi doit être optimisé afin de réduire les coûts de fonctionnement.

Le bloc opératoire, que l'on pourra appeler par la suite plateau médico-technique (PMT), est une infrastructure qui comporte deux secteurs : les salles d'intervention et les salles de soins post-interventionnels (SSPI). Au sein du PMT travaillent différentes catégories professionnelles, du domaine médical, soignant, administratif et de maintenance. Chacune de ces catégories doit être gérée de manière à garantir un bon fonctionnement du PMT mais aussi la satisfaction du personnel, qui est un élément non négligeable impactant la qualité des soins fournis aux patients.

Les catégories professionnelles dont il faut prévoir la gestion pour certains, aider à la planification pour d'autres sont :: les infirmiers de bloc opératoire diplômés d'Etat (IBODE), les infirmiers anesthésistes (IADE), les infirmiers (IDE), les aides-soignants (AS) et les agents de service hospitaliers (ASH). Les problèmes de gestion de chacune de ces catégories professionnelles sont différents du fait des caractéristiques propres à l'organisation de leur travail (nature des tâches, découpage en équipes, horaires de travail, etc.). Différentes organisations de gestion des ressources humaines du PMT sont envisageables et sont notamment fonction de la diversification des spécialités et par conséquent des compétences des personnels, mais également des fonctions attribuées à chaque catégorie professionnelle.

Dans ce qui suit, nous nous intéressons au problème de planification des IADE, qui, en raison de leur activité transversale sur un grand nombre de spécialités et sur plusieurs tâches, sont organisées en pool de personnels le plus souvent polyvalent en anesthésie.

Dans un contexte plus général, la planification du personnel consiste à produire les emplois du temps de chaque agent de telle manière que l'organisation soit capable de satisfaire la demande de biens ou de services, tout en respectant un certain nombre de contraintes. Les contraintes qui entrent en jeu sont nombreuses : réglementation du travail, charge prévisionnelle, compétences, préférences individuelles, etc. Elles dépendent également du domaine d'application [8;14].

Dans une première partie, nous présentons un bref état de l'art des travaux portant sur la planification des employés (*staff scheduling*) et plus particulièrement sur la planification des infirmiers (*nurse scheduling* ou *nurse rostering*). La seconde section s'attache à décrire précisément le problème de planification des infirmiers anesthésistes mutualisés du PMT, tandis que la troisième section présente une modélisation de ce problème sous forme d'un programme linéaire en nombres entiers (PLNE), ainsi que sa résolution à l'aide d'un solveur. La quatrième et dernière section conclue l'expérience et énonce des pistes d'explorations concernant les techniques de modélisation et de résolution qui permettraient de palier les limites des solveurs.

### ETAT DE L'ART

La planification du personnel (*staff scheduling* ou *staff rostering*), correspond à la construction d'emplois du temps respectant les contraintes et spécifiant pour chaque employé ses jours et horaires de travail, et ses jours de congés.

Dans la littérature, plusieurs types de planification sont présentés :

- *Planning cyclique* : le même planning est répété tant que les contraintes de charge restent invariables, sur une période définie. Il présente une facilité de construction, mais une difficulté réside dans la prise en compte et la satisfaction des préférences personnelles.
- *Planning non cyclique* : un planning est généré pour chaque période. Le temps passé à l'élaboration du planning est important, mais il présente l'avantage d'être relativement flexible.

Le problème de planification se subdivise en trois sous problèmes : planification des vacances (*Shift Scheduling*), planification des jours de repos (*Day-off Scheduling*) et affectation des employés aux différentes tâches (*Task Assignment* ou *Scheduling*). Dans la classification proposée par Tien et Kamiyama [12], il est précédé de deux étapes, qui traitent de problèmes à plus long terme : prévision de la demande par période (*Demand Modeling*), prévision des effectifs nécessaires par vacation (*Staffing Problem*).

De nombreuses techniques ont été employées pour la modélisation et la résolution du problème de planification des infirmiers. Parmi les techniques d'optimisation exactes, on peut citer : la programmation linéaire entière, mixte ou continue [6;9;10], le goal programming et la programmation multi-critères [2;3], l'intelligence artificielle, la programmation par contraintes [14]. Des techniques de recherche stochastiques telles que la recherche tabou [3;13], les algorithmes génétiques [1] ou le recuit simulé [4], ont également abouti à des résultats intéressants.

Plusieurs états de l'art complets et complémentaires très récents permettent d'avoir un large panorama des caractéristiques des problèmes traités et des résultats obtenus [5;7;8].

### DESCRIPTION DU PROBLEME

L'affectation des infirmiers aux différentes activités sur un horizon de plusieurs jours est une tâche difficile et coûteuse en temps, qui bien souvent est réalisée manuellement par les cadres de santé. Elle doit respecter un nombre de contraintes (réglementation du travail, charge prévisionnelle, compétences, préférences individuelles, etc.), tout en optimisant l'équité dans le travail. Le regroupement des ressources matérielles sur le plateau médico-technique et la formation de pool de personnel IADE, augmente considérablement la complexité du problème de planification de ces personnels, et renforce le besoin d'outils d'aide à l'élaboration des plannings. Cette section s'attache à décrire les particularités de l'activité des IADE, la stratégie de gestion du personnel choisie dans notre exemple, puis, elle énonce les contraintes législatives sur le temps de travail.

### Description de l'activité des IADE

Les infirmiers anesthésistes diplômés d'Etat (IADE) sont les proches collaborateurs de médecins anesthésistes réanimateurs [11]. Ils interviennent à différents stades du processus de prise en charge du patient, sur le site d'anesthésie, en salle de soins post-interventionnels (SSPI) et dans les unités d'hospitalisation. Ils assurent diverses fonctions et principalement :

- La prise en charge des malades en salle, préparation et contrôle de l'anesthésie,
- La supervision de la SSPI.

Dans les établissements ayant une fonction d'accueil des urgences chirurgicales, une continuité du service doit être assurée pour l'activité de préparation et contrôle de l'anesthésie. Les postes correspondent donc à des horaires différents (travail de jour, travail de nuit). L'affectation aux postes peut être journalière, hebdomadaire, mensuelle, annuelle, voir pluriannuelle, cela dépend du degré de polyvalence des infirmiers, du niveau de mutualisation des ressources et de la politique d'affectation choisie par l'hôpital, les cadres de santé et les employés.

Au Centre Hospitalier de Valence (CHV), Les postes et horaires associés aux différentes activités du plateau médico-technique sont les suivants :

- journée anesthésie réglée 8h-16h (5 jours sur 7),
- journée anesthésie d'urgence 8h-20h (7 jours sur 7),
- nuit anesthésie d'urgence 20h-8h (7 jours sur 7)
- supervision SSPI 9h-17h (5 jours sur 7) et 11h-19h (5 jours sur 7)

La supervision de la SSPI est assurée en décalé par deux IADE avec des horaires différents (afin de couvrir une plus grande durée de supervision de la SSPI). Par la suite, cette différence d'horaires n'engendrant pas de contraintes supplémentaires, nous ne différencions pas les horaires décalés et nous considérons un seul poste qui nécessite deux personnes pendant 8 heures. La surveillance de la SSPI est assurée la nuit en semaine et le week-end 24h sur 24 par des IDE postés en réveil, dont la planification constitue un problème indépendant.

### Stratégie de gestion du personnel

Plusieurs stratégies de gestion du personnel existent et dépendent des choix politiques de l'hôpital, mais aussi des négociations entre tous les acteurs impliqués dans les activités de chirurgie et d'anesthésie. Plusieurs paramètres entrent en jeu, dont la polyvalence des personnels, le degré de mutualisation, la définition des horaires, le choix d'organisation du travail.

Nous considérons une stratégie de gestion de personnel, inspirée du fonctionnement du CHV, telle que le personnel IADE est totalement polyvalent et non cloisonné en équipe : chaque employé peut donc réaliser toutes les activités et être affecté à tous les postes, tous les jours et à tous les horaires. Pour la prise en charge des urgences, le travail de nuit (travail effectif sur place) a été préféré au système d'astreintes.

### Réglementation du temps de travail

La réduction du temps de travail impose d'appliquer les 35h de travail par semaine. Afin d'être plus en adéquation avec la charge de travail, l'établissement peut décider d'augmenter le nombre d'heures de travail par semaine et d'augmenter également les récupérations du temps de travail (RTT). Dans l'exemple que nous considérons, le personnel travaille en moyenne 38h par semaine, et a droit à 18 jours de RTT en plus des 28 jours de congés annuels.

La réglementation prévoit qu'il faut accorder aux employés au minimum 11h consécutives de repos journaliers et 4 jours de repos pour 14 jours de travail dont deux jours consécutifs.

Les heures supplémentaires sont normalement très occasionnelles, puisque l'on considère que s'il y a dépassement des interventions de chirurgie réglée après 15h30, l'équipe d'urgence prend le relais (si elle est disponible), ou l'IADE de SSPI (si il est disponible). Les heures supplémentaires ne sont pas payées mais récupérées. Au maximum 45 minutes de dépassement sont tolérées par la badgeuse en place par rapport au temps de travail prévu. Si le temps de travail supplémentaire est supérieur à 45 minutes, le cadre de santé doit corriger le planning d'affectation des personnels soignants. Le temps supplémentaire est alors récupéré sur un autre jour.

## MODELISATION DU PROBLEME

### Objectif

L'objectif recherché dans la résolution du problème est de générer un planning des infirmiers anesthésistes qui respecte les réglementations du temps de travail et les désirs des personnels (jours de congés, etc....) tout en maximisant l'équité de la répartition de la charge travail dans l'affectation aux différents postes. En effet, il est primordial de faire tourner régulièrement le personnel sur différentes activités afin d'équilibrer la charge de travail entre les agents, mais aussi dans le but de maintenir les compétences de chaque infirmier.

Néanmoins, certains postes sont plus fatigants que d'autres car ils demandent plus de vigilance. Nous choisissons de modéliser l'équité du travail entre les employés par un coefficient de pénibilité associé à chaque tâche (tableau 1). La somme des coefficients de pénibilité associés aux activités auxquelles l'employé est affecté devra donc être minimisée. Par exemple, le poste supervision de la SSPI a un coefficient supérieur à celui d'une nuit d'urgence, car il est plus pénible à occuper.

Tableau 1: Pénibilité des postes selon le jour de la semaine

		Lun <i>j=1</i>	Mar <i>j=2</i>	Mer <i>j=3</i>	Jeu <i>j=4</i>	Ven <i>j=5</i>	Sam <i>j=6</i>	Dim <i>j=7</i>
Matin réglé	<i>k=1</i>	1	1	1	1	1		
Journée Urgence	<i>k=2</i>	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4
Nuit urgence	<i>k=3</i>	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6
SSPI	<i>k=4</i>	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6		

### Contraintes

Pour l'élaboration du planning, certaines règles sont à respecter. Elles sont issues de la réglementation mais également des accords convenus entre responsables et employés. Les contraintes que le planning doit satisfaire, dans le cas du CHV que nous étudions, sont les suivantes :

**C1 :** Les besoins journaliers en nombre d'IADE pour chaque poste doivent être respectés afin de correspondre à la charge de travail.

**C2 :** Le temps de travail par jour ne doit pas excéder 12 heures.

**C3 :** Le temps de travail par semaine doit s'approcher de 38h. Il peut le dépasser dans la limite de 48h par semaine.

**C4 :** Par semaine, un employé ne doit pas travailler plus de trois nuits.

**C5 :** Travailler le samedi de jour (respectivement de nuit) implique que le dimanche est travaillé de jour (respectivement de nuit) et que le lundi et le mardi suivants sont des repos journaliers.

<b>Minimiser</b> $Z = P_{\max} - P_{\min}$	(1)	
Avec :		
$\sum_{i=1}^{NI} X_{i,j,k} = B_{j,k} \quad \forall j = 1, \dots, H \quad \forall k = 1, \dots, 4$	(2)	$X_{i,h \times 7,3} + \sum_{k=1}^4 X_{i,h \times 7+1,k} \leq 1 \quad \forall i = 1, \dots, NI \quad \forall h = 1, \dots, \frac{H}{7} - 1$
$\sum_{k=1}^4 X_{i,j,k} \leq 1 \quad \forall i = 1, \dots, NI \quad \forall j = 1, \dots, T$	(3)	$X_{i,h \times 7,2} + \sum_{k=1}^4 X_{i,h \times 7+2,k} \leq 1 \quad \forall i = 1, \dots, NI \quad \forall h = 1, \dots, \frac{H}{7} - 1$
$\sum_{j=1}^H \sum_{k=1}^4 X_{i,j,k} \cdot N_k + Ex_i \leq \frac{H}{7} \cdot T_{\max} \cdot R_i \quad \forall i = 1, \dots, NI$	(4)	$X_{i,h \times 7,3} + \sum_{k=1}^4 X_{i,h \times 7+2,k} \leq 1 \quad \forall i = 1, \dots, NI \quad \forall h = 1, \dots, \frac{H}{7} - 1$
$T \cdot R_i - \sum_{j=1}^H \sum_{k=1}^4 X_{i,j,k} \cdot N_k - Ex_i = Diff_i \quad \forall i = 1, \dots, NI$	(5)	$\sum_{h=1}^{H/7} X_{i,(h-1) \times 7+6,k} \leq 1 \quad \forall i = 1, \dots, NI \quad \forall k = 2,3$
$\sum_{j=(h-1) \times 7+1}^{(h-1) \times 7+7} X_{i,j,3} \leq 3 \quad \forall i = 1, \dots, NI \quad \forall h = 1, \dots, \frac{H}{7}$	(6)	$X_{i,j,2} - X_{i,j+1,3} = 0 \quad \forall i = 1, \dots, NI \quad \forall j = 1, \dots, H$ et $j \neq (h-1) \times 7+6, (h-1) \times 7+7$ avec $h = 1, \dots, \frac{H}{7}$
$X_{i,(h-1) \times 7+6,3} - X_{i,(h-1) \times 7+7,3} = 0 \quad \forall i = 1, \dots, NI \quad \forall h = 1, \dots, \frac{H}{7}$	(7)	$X_{i,j,3} + \sum_k X_{i,j+1,k} \leq 1 \quad \forall i = 1, \dots, NI \quad \forall j = 1, \dots, H$
$X_{i,(h-1) \times 7+6,2} - X_{i,(h-1) \times 7+7,2} = 0 \quad \forall i = 1, \dots, NI \quad \forall h = 1, \dots, \frac{H}{7}$	(8)	$P_{\min} \leq \sum_{j=1}^H \sum_{k=1}^4 \frac{1}{R_i} \cdot X_{i,j,k} \cdot P_{j,k} \quad \forall i = 1, \dots, NI$
$X_{i,h \times 7,2} + \sum_{k=1}^4 X_{i,h \times 7+1,k} \leq 1 \quad \forall i = 1, \dots, NI \quad \forall h = 1, \dots, \frac{H}{7} - 1$	(9)	$P_{\max} \geq \sum_{j=1}^H \sum_{k=1}^4 \frac{1}{R_i} \cdot X_{i,j,k} \cdot P_{j,k} \quad \forall i = 1, \dots, NI$

**Figure 1:** Modèle de programmation linéaire en nombres entiers

**C6 :** Travailler le jour (j) en journée d'anesthésie d'urgence implique que le jour suivant (j+1) est travaillé en nuit d'anesthésie d'urgence et que le jour d'après (j+2) est un repos compensateur. Cette contrainte permet de respecter les règlements sur le repos journalier de 11h minimum. En semaine, jamais deux journées anesthésie d'urgence (respectivement de nuit) ne se suivent.

Les contraintes C1, C2, C3 et C4 sont considérées comme des contraintes obligatoires que doit respecter tout planning (*hard constraints*). Les contraintes C5 et C6 concentrent des contraintes de repos journalier et repos hebdomadaire et des contraintes issues de « bonnes pratiques » (travail le week-end complet, repos après une nuit), dites *soft constraints*. Notre objectif est d'aboutir à un planning maximisant la satisfaction du personnel, pour cette raison nous cherchons une solution satisfaisant l'ensemble de ces contraintes, qui deviennent toutes obligatoires.

Le problème d'affectation des IADE aux différentes tâches est modélisé à l'aide de la programmation linéaire entière. Il consiste à déterminer, pour chaque jour, le poste auquel est affecté chaque infirmier, en minimisant

la pénibilité totale du travail. L'affectation d'un infirmier à une tâche est modélisée par une variable binaire.

#### Modèle

Les données du problème sont les suivantes :

$B_{j,k}$  : besoin en nombre d'IADE le jour j pour l'activité k  
 $N_k$  : nombre d'heures de travail journalières pour le poste correspondant à l'activité k

T : temps de travail réglementaire pour la semaine considérée (38h/semaine ou 152h/mois)

$T_{\max}$  : temps de travail réglementaire maximum pour la semaine considérée (48h/semaine)

$R_i$  : pourcentage du temps de travail de l'infirmier par rapport au temps plein (0,5 pour un mi-temps)

$Ex_i$  : différence entre le temps de travail effectif et le temps de travail réglementaire pour l'infirmier i dans l'horizon précédent, dont il faut tenir compte dans la période considérée (récupération d'heures)

$P_{j,k}$  : pénalité associée à la l'activité k le jour j

H : horizon en nombre de jours (multiple de 7)

NI : nombre total d'IADE dont est constitué le pool

La solution s'exprime à l'aide de variables entières et réelles :

$X_{i,j,k}$  : variable binaire = 1 si l'infirmier  $i$  est affecté le jour  $j$  à l'activité  $k$ , = 0 sinon.

$P_{max}$  : majorant de la somme des pénalités associées aux activités de chaque infirmier (variable entière)

$P_{min}$  : minorant de la somme des pénalités associées aux activités de chaque infirmier (variable entière)

$Diff_i$  : variable réelle représentant la différence entre le temps de travail effectif et le temps de travail réglementaire pour l'infirmier  $i$  dans la période considérée, qu'il faudra prendre en compte dans la planification de l'horizon suivant.

Les repos compensateurs de sécurité et les jours de congés correspondent aux variables  $X_{i,j,k} = 0$ . Pour respecter les jours de congés conséquence du travail du dimanche de l'horizon précédent, et les jours de congés demandés par le personnel, on peut poser des contraintes supplémentaires de type  $X_{i,j,k} = 0$ .

L'indice temporel  $h$  est introduit. Il permet de préciser le jour, afin de modéliser plus facilement les contraintes portant sur des jours de semaine particuliers (samedi  $(h-1) \times 7 + 6$ , dimanche  $(h-1) \times 7 + 7$ , avec  $h$  variant de 1 à  $H/7$ ).

#### Explication du modèle mathématique

La fonction objectif (1) cherche à minimiser la différence entre la borne minimum et la borne maximum de la somme des pénalités associées aux activités des infirmiers. Cette fonction permet de minimiser l'écart entre l'infirmier le plus chargé en tâches pénibles et l'infirmier le moins chargé, afin d'assurer l'équité.

Les équations et inéquations (2) à (15) représentent les contraintes C1 à C6 que doit respecter la solution finale.

**C1** : La famille d'équation (2) représente la satisfaction des besoins par jour et par poste en IADE.

**C2** : Les équations (3) permettent de limiter le travail d'un infirmier à une activité par jour.

**C3** : Les contraintes (4) assurent que le temps de travail réglementaire maximal n'est pas dépassé, en prenant en compte l'excédent de temps de la période précédente. Les équations (5) permettent de calculer la différence entre le temps de travail effectif et le temps de travail réglementaire.

**C4** : Les contraintes (6) assurent le respect de la règle des 3 nuits par semaine maximum.

**C5** : Les familles (7) et (8) concernent les contraintes du travail de fin de semaine : si un IADE travaille le samedi de nuit d'urgence (respectivement de jour d'urgence), il travaille également le dimanche de nuit d'urgence (respectivement de jour d'urgence). Les équations (9) à (12) assurent qu'après un travail de jour ou de nuit le diman-

che, les deux jours suivants sont des repos, sur l'horizon que l'on considère. Les contraintes (13) permettent de garantir qu'un seul samedi (et donc qu'un seul week-end) sur la période considérée est travaillé.

**C6** : Les familles (14) et (15) concernent les contraintes de satisfaction de succession des activités d'urgence en semaine : un IADE étant affecté à la journée d'urgence le jour  $j$ , il travaille en nuit d'urgence le jour  $j+1$  (14), et s'il est de nuit d'urgence le jour  $j$ , il sera en repos compensateur de sécurité le jour  $j+1$  (15).

Enfin les inéquations (16) (respectivement (17)) permettent de définir la borne minimum (respectivement maximum), qui minore (respectivement majore), la somme des pénalités associées aux activités d'un infirmier, quel que soit l'infirmier. Ces bornes servent à calculer la fonction objectif, qui cherche à minimiser l'écart entre ces variables, traduisant la recherche d'équité dans l'affectation du personnel aux tâches.

#### Résolution

Nous partons du principe que le pool d'IADE a auparavant été correctement dimensionné en adéquation avec la charge de travail (*staffing problem*).

Les plannings sont le plus souvent élaborés sur un horizon allant 7 jours à un mois. La longueur de la période considérée a un fort impact sur le nombre de variables et donc sur la taille du problème.

A l'aide du solveur industriel LINGO (version 8), nous avons résolu un problème de taille réelle, sur un horizon de 4 semaines, inspiré des données du Centre Hospitalier de Valence. Pour ce test, l'optimum global a été trouvé en moins de 3 minutes.

**Tableau 2:** Paramètres d'entrées et résultats du solveur

Nb IADE	Horizon	Besoins par jour (Lun à Ven)				Besoins par jour (Sam à Dim)			
		Réglé	Jour	Nuit	SSPI	Réglé	Jour	Nuit	SSPI
26	28 jours	8	1	1	2	0	1	1	0
Nb Contraintes	Nb Variables entières	Temps de résolution		Nb d'itérations		Valeur de Pmax-Pmin			
2791	2914	2' 53"		436 503		1			

Le fait d'effectuer un test sur un horizon comprenant plusieurs semaines nous a permis de vérifier que notre modèle assurait un équilibre dans l'affectation des tâches et respectait les contraintes liées à la succession de semaines. Le planning généré est reporté sur le tableau 3. Sur la première colonne figurent les types de contrats de chaque infirmiers (TP pour temps plein, 0,5 pour mi-temps, etc.). Les deux dernières colonnes de ce tableaux indiquent : la différence entre le temps de travail réglementaire et le temps travaillé (*Diff*) et la somme des pénalités de la période (*Pen*) pour chaque infirmier.

Tableau 3: Planning généré par le solveur

TEST 1	Lun 1	Mar 1	Mer 1	Jeu 1	Ven 1	Sam 1	Dim 1	Lun 2	Mar 2	Mer 2	Jeu 2	Ven 2	Sam 2	Dim 2	Lun 3	Mar 3	Mer 3	Jeu 3	Ven 3	Sam 3	Dim 3	Lun 4	Mar 4	Mer 4	Jeu 4	Ven 4	Sam 4	Dim 4	Diff	Pen
Nurse 1	TP	R	R	S	R			R	R		R				R	S	R	S	R			R	S	R	S	R		48	14,8	
Nurse 2	TP	R	R	R		J	J								R	R		S	R			R	R	R				40	14,4	
Nurse 3	TP	R	J	N				R			J	N			S		S					R		R	R			38,9	14,4	
Nurse 4	TP	N		J	N			R	S	R	R				R	R	R	S				R		J	N			34,35	14,8	
Nurse 5	TP	R	R	R							R				N		R	R	R	S		S	R	S	R	R		43,45	14,6	
Nurse 6	TP							J	N		R	R			R	R	R	J	N	N		R	R	R	R			26,35	15	
Nurse 7	TP	R		R	S	R		N		S	R				S	R	R	R				R	R	R				43,45	14,6	
Nurse 8	TP	J	N		S			R	R	S					R	R	R	S	J	J		R		R	R	R		39,45	14,6	
Nurse 9	TP				R	R		R	R		R				R	R	R					R	J	N				25,05	14,5	
Nurse 10	TP		R		R	R		R			R				S	R		R	R			R		R	R			33,6	14,5	
Nurse 11	TP		R	R	R			S	R	R	R				R	R	R					R		R	R			28,5	15	
Nurse 12	TP	S	S					R			R						S	J	N			J	N			J	N	N	32,5	15
Nurse 13	TP				R			R			J	N			R	J	N					S	R		R	R		24,5	14,75	
Nurse 14	TP		S					R			J	N			R	J	N					R		R	R	R		33,05	14,75	
Nurse 15	TP			R	R			R			S				R		R	R				R	R	R	R			33,6	14,5	
Nurse 16	TP	S		R	S	R					R				R	R	R					R	R	R	R			41,6	14	
Nurse 17	TP	R	R	R	J	N	N				S				R							R	R	R	R			28,5	15	
Nurse 18	TP	R	R	R	J	N		R	R		S	R			R							R		J	N			33,05	14,75	
Nurse 19	TP		R		R			S			R				R			S				R		R	S			41,6	14,5	
Nurse 20	TP	R						J	N		R				R	R	R					S		S				33,85	14,86	
Nurse 21	TP			S	S			S		R					R								S					42,4	14,86	
Nurse 22	TP	R	R	R	J	N					S				R													19,45	14,4	
Nurse 23	TP			R				R	R	R	R				R	R												20	14	
Nurse 24	TP			R				R		R					R							N		R	S			23,45	14	
Nurse 25	TP							R							J	N							R			J	J	11,45	14,8	
Nurse 26	TP										J	N	N															8,5	14,67	

PERSPECTIVES

Comme nous avons pu le constater, l'affectation des activités aux infirmiers anesthésistes se modélise sous la forme d'un programme linéaire en variables entières de grande taille. Compte tenu de la performance des solveurs, il serait intéressant d'envisager d'autres outils pour la résolution de problèmes sur des horizons plus étendus (plusieurs mois), comprenant un plus grand nombre d'employés et prenant en compte plus de critères dans l'affectation (spécialités, préférences, etc.).

Autres techniques de modélisation et de résolution

Dans cette partie nous présentons d'autres techniques de modélisation et de résolution qui permettraient éventuellement de traiter des problèmes de plus grande taille et d'aboutir à de meilleurs résultats en terme de temps de réponse. Le délai d'obtention des planning est en effet un critères important dans la génération de plannings.

**Programmation par contraintes.** Nous avons ici modélisé le problème avec des variables binaires. Cependant une autre modélisation du problème pourrait consister à considérer des variables entières, prenant des valeurs différentes selon l'activité à laquelle est affecté un infirmier le jour j. Ceci diminuerait considérablement le nombre de variables en passant de variables binaires à des variables entières, mais la modélisation sous forme d'équations serait alors moins aisée. Tout comme Weil et Heus l'ont fait pour la résolution du problème de planning infirmiers d'unités de soins [14], il serait alors certainement judicieux de modéliser le problème en classes d'objets et d'utiliser les techniques de programmation par contraintes pour la recherche de solutions.

**Problème de tournées.** Une analogie peut être faite entre le problème d'affectation des infirmiers anesthésistes et un problème de tournées. Les caractéristiques du problème de tournées s'énoncent ainsi :

- Les villes modélisent les activités d'un infirmier pour un jour donné,

- Les véhicules représentent les infirmiers,
- Les distances traduisent la succession des journées (croissantes), les séquences d'activités autorisées ou interdites ou obligatoires, ...

Les contraintes à prendre en compte sont de type longueur de tournées, elles traduisent : un temps de travail maximum, une pénibilité maximale admise sur l'horizon, un nombre maximum de type d'activité (nuits), etc.

CONCLUSION

Le coût du personnel représente plus de 75% du budget de l'hôpital, et son emploi doit être optimisé afin de réduire les coûts de fonctionnement. L'objectif de ce papier est de présenter le problème de planification des IADE et de proposer un modèle de résolution. Les problèmes de gestion quantitative des ressources humaines ont été largement étudiés dans la littérature, et particulièrement le problème des plannings infirmiers ou *nurse scheduling*. Nous avons utilisé les techniques de programmation mathématique pour modéliser le problème rencontré dans un centre hospitalier français, et la résolution a été testée à l'aide d'un solveur industriel (LINGO8). D'autres techniques de résolution qui permettraient éventuellement de traiter des problèmes de plus grande taille en moins de temps et prenant compte un plus grand nombre de caractéristiques, tout en arrivant à une solution optimale ont été proposées. Dans l'idée de fournir aux responsables de bloc opératoire des modèles, regroupés dans un référentiel d'outils permettant de résoudre les problèmes de pilotage du plateau médico-technique, nous nous apprêtons à modéliser les problèmes relatifs au personnel de chirurgie (IBODE) et d'assistance (AS). Dans un souci de transférabilité vers les professionnels hospitaliers et de réutilisabilité des outils proposés, nous envisageons de privilégier l'utilisation de solveurs n'engageant pas ou peu d'investissements pour les établissements, tel que le solveur d'Excel ou des solveurs libres.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] U. Aickelin and K. A. Dowsland, "An indirect Genetic Algorithm for a nurse-scheduling problem," *Computers and Operations Research*, vol. 31, pp. 761–778, 2004.
- [2] M. N. Azaiez and S. S. Al Sharif, "A 0-1 goal programming model for nurse scheduling," *Computers and Operations Research*, vol. 32, pp. 491–507, 2005.
- [3] I. Berrada, J. A. Ferland, and P. Michelon, "A multi-objective approach to nurse scheduling with both hard and soft constraints," *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 30, pp. 183–193, 1996.
- [4] M. J. Brusco and L. W. Jacobs, "Cost analysis of alternative formulations for personnel scheduling in continuously operating organisations," *European Journal of Operational Research*, vol. 86, pp. 249–261, 1995.
- [5] E. K. Burke, P. D. Causmaecker, G. V. Berghe, and H. V. Landeghem, "The state of the art of nurse rostering," *Journal of scheduling*, vol. 7, pp. 441–499, 2004.
- [6] M. A. Centeno and A. M. Ismail, "A Simulation-ILP based tool for scheduling ER staff," presented at Winter Simulation Conference, 2003.
- [7] B. Cheang, H. Li, A. Lim, and B. Rodrigues, "Nurse Rostering Problems - A Bibliographic Survey," *European Journal of Operational Research*, vol. 151, pp. 447–460, 2003.
- [8] A. T. Ernst, H. Jiang, M. Krishnamoorthy, and D. Sier, "Staff scheduling and rostering : A review of applications, methods and models," *European Journal of Operational Research*, vol. 153, pp. 3–27, 2004.
- [9] B. Jaumard, F. Semet, and T. Vovor, "A generalised linear programming model for nurse scheduling," *European Journal of Operational Research*, vol. 107, pp. 1–18, 1998.
- [10] H. H. Millar and M. Kiragu, "Cyclic and non-cyclic scheduling of 12 h shift nurses by network programming," *European Journal of Operational Research*, vol. 104, pp. 582–592, 1998.
- [11] SFAR, "Commentaires sur le décret ministériel n° 2002-194 du 11/02/02 relatif aux actes professionnels et à la profession d'infirmier." <http://www.sfar.org/s/>, 2002.
- [12] J. Tien and A. Kamiyama, "On manpower scheduling algorithms," *SIAM Review*, vol. 24, pp. 275–287, 1982.
- [13] C. Valouxis and E. Housos, "Hybrid optimization techniques for the workshift and rest assignment of nursing personnel," *Artificial Intelligence in Medicine*, vol. 20, pp. 155–175, 2000.
- [14] G. Weil, K. Heus, P. François, and M. Poujade, "Constraint Programming for Nurse Scheduling," *IEEE Engineering in Medicine and Biology*, vol. 14, pp. 417–422, 1995.