

Aide à la décision pour la planification des activités et des ressources humaines en hospitalisation à domicile

Rabeh Redjem

▶ **To cite this version:**

Rabeh Redjem. Aide à la décision pour la planification des activités et des ressources humaines en hospitalisation à domicile. Autre. Université Jean Monnet - Saint-Etienne, 2013. Français. NNT : 2013STET4009 . tel-00999994

HAL Id: tel-00999994
https://theses.hal.science/tel-00999994

Submitted on 4 Jun 2014

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.

THÈSE

En vue de l'obtention du
DOCTORAT DE L'UNIVERSITE JEAN MONNET DE SAINT ETIENNE

Délivré par :
Université Jean Monnet de Saint Etienne

Présentée par
Rabeh REJDEM

le 08 Juillet 2013

Titre :
Aide à la décision pour la planification des activités et des ressources humaines en Hospitalisation A Domicile

---

Ecole Doctorale Sciences, Ingénierie, Santé - ED SIS 488

Unité de recherche :
Laboratoire d'Analyse des Signaux et des Processus Industriels – LASPI – EA 3059

Jury :

Evren SAHIN	MCF, HDR, Ecole Centrale Paris - Laboratoire LGI	Rapporteur
Alain GUINET	Pr, INSA de Lyon – Laboratoire DISP	Rapporteur
Maria DI MASCOLO	Directeur de Recherche au CNRS - Laboratoire G-SCOP	Examinateur
Angel RUIZ	Pr, Université de Laval (Canada) - laboratoire CIRRELT	Examinateur
Tao WANG	Mcf, Université Jean Monnet de Saint Etienne – LASPI EA 3059	Examinateur
Saïd KHARRAJA	Mcf, Université Jean Monnet de Saint Etienne – LASPI EA 3059	Examinateur co-encadrant
Eric MARCON	Pr, Université Jean Monnet de Saint Etienne – LASPI EA 3059	Directeur de thèse
Xiaolan XIE	Pr, Ecole des mines de Saint Etienne – LIMOS CNRS UMR 6158	Directeur de thèse

REMERCIEMENTS

Je remercie M. Eric MARCON, Professeur à l'université Jean Monnet de Saint Etienne et M. Xiaolan XIE, professeur à l'Ecole des Mines de Saint Etienne, pour la qualité de l'encadrement et le soutien qu'ils m'ont accordé tout au long de mon travail de thèse. Je les remercie pour leurs conseils judicieux et leurs critiques qui m'ont permis de mener à bien ces travaux. Je remercie également M. Eric MARCON et Mme Maria Di Mascolo responsables du projet OSAD « Organisation des Soins A Domicile », de m'avoir confié la mission du secrétariat du projet.

Je souhaite exprimer tous mes remerciements à MM. les Professeurs Evren SAHIN et Alain GUINET pour l'honneur qu'ils m'ont fait d'accepter de rapporter mon travail et l'intérêt qu'ils y ont porté. Je remercie vivement Mr. Angel RUIZ pour l'honneur qu'il m'a fait en présidant le jury de soutenance de ma thèse. Mes remerciements s'adressent également à Mme. Maria DI MASCOLO, Mr. Tao WANG et Mr. Said KHARRAJA pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Je remercie les responsables du laboratoire LASPI, pour m'avoir permis de faire partie de l'équipe du GIH et pour les efforts fournis pour m'offrir un cadre de travail correct. Je remercie particulièrement Mr. Abderrahman EL MHAMEDI, responsable du laboratoire MGSI et Mr. Bertrand SOUAL Chef de département Qlio à l'IUT de Montreuil, pour m'avoir accueilli en tant qu'enseignant chercheur au sein de leur établissement, pour l'année universitaire 2013/2014.

Un grand merci aux chercheurs ayant participé au projet OSAD et en particulier les membres des groupes « gestion des ressources humaines », « gestion de la logistique » et « planification et ordonnancement de l'activité » pour le travail que nous avons pu mener en collaboration.

Je garderais de très bons souvenirs de mes collègues du LASPI, en particulier Houda, Rym, Nezha, Mylène, Afrae, Donald, Sofiane M., Sofiane B.M., Mourad, Abd Elahad, Oussama, …, et aussi mes cher amis Tarik LAKHTARI en Algérie, Malik et Sonia. Ils n'ont cessé de m'encourager et de me soutenir lors de mon travail et pendant les périodes difficiles. Je les remercie pour les encouragements et je tiens à leur dire que leur amitié compte, et comptera, beaucoup pour moi.

Enfin, je rends hommage à ceux sans lesquels ce travail n'aurait pas pu être fait : à ma chère maman, et je lui dis que tes encouragements m'ont été un très grand support tout au long de ma carrière. Je remercie ainsi mon père, qui n'a cessé de m'encouragé lors de ma thèse. Je n'oublierais pas mes sœurs, Chehla, Leila et Amina, mon frère Nadjib. Je remercie mes tantes Noria, Akila et Ralia, ainsi ma belle-famille pour leurs encouragements et leur soutien tout au long de mes études.

Je n'aurais jamais de mots pour remercier ma chère femme, sans qui, je n'aurais jamais pu finaliser mon projet de thèse, en plus des encouragements, des conseils judicieux et de l'écoute, ma femme a accepté pleins de sacrifices pour me permettre de réussir et finir ce travail laborieux dans les meilleurs conditions possible … Merci Sabrina.

Rabah

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE 1

CHAPITRE I. LE SYSTEME DE SANTE ET L'HOSPITALISATION A DOMICILE (HAD) EN FRANCE 5

Introduction 5

1 Le système de santé en France 7

1.1 Les instances sanitaires en France 8

1.2 Classification des établissements et réseaux de santé en France 8

2 L'Hospitalisation A Domicile (HAD) en France 10

2.1 Historique de l'HAD en France 10

2.2 Le développement de l'HAD en France 12

2.3 Positionnement de l'HAD dans le système de santé Français 14

2.4 Facteurs de développement et freins de l'HAD en France 15

2.5 Prise en charge à domicile à l'étranger 17

3 Fonctionnement des établissements d'HAD dans la région Rhône-Alpes 19

3.1 Les processus identifiés 21

3.2 Classification des acteurs dans la réalisation des processus 24

3.3 Classification des modèles de prise en charge en HAD en fonction de la mobilisation des ressources 25

Conclusion 26

CHAPITRE II. GESTION ET PLANIFICATION DES ACTIVITES EN HOSPITALISATION A DOMICILE (HAD) 29

Introduction 29

1 Modèle de prise en charge en HAD 30

1.1 Le projet thérapeutique 30

1.2 Le projet d'activités 31
2 Les décisions organisationnelles en HAD 32
2.1 Types de décisions en HAD 32
2.2 Les différents niveaux décisionnels 33
2.3 Impact du type de recrutement des ressources humaines sur les types l'organisation et la prise de décisions 34
3 Les ressources mobilisées en HAD 35
3.1 Description des activités des ressources humaines 35
3.2 Gestion des ressources matérielles 40
4 Planification des activités de soin en HAD 41
4.1 Caractéristiques de la planification des ressources humaines 42
4.2 Caractéristiques de la planification des ressources matérielles 45
4.3 Caractéristiques de la planification des activités de soins 46
5 Bibliographie des problématiques sur la gestion des activités en HAD 50
5.1 Partitionnement géographique et affectation des ressources humaines 50
5.2 Affectation et ordonnancement des tournées des soignants 51
5.3 Ordonnancement des tournées des soignants 52
6 Classification des problématiques de gestion des activités de soins en HAD 54
Conclusion 57
CHAPITRE III. MODELISATION ET RESOLUTION DU PROBLEME DE GESTION DES ACTIVITES DE SOINS EN HAD 59
Introduction 59
1 Contexte du problème de planification et l'ordonnancement des activités de soins en HAD 60
2 Modélisation du problème de gestion des activités 60
2.1 Modélisation basée sur les m-TSPC 61
2.2 Comparaison du model VRPTW classique et notre modèle original (m-TSPC) ... 75

2.3 Modélisation basée sur l'ordonnancement de projet avec contraintes de ressources (RCPSP) 76
2.4 Comparaison entre les approches m-TSPC et RCPSP 81
3 Etude et comparaison des complexités des approches m-TSPC et RCPSP proposées . 83
Conclusion 85
CHAPITRE IV. HEURISTIQUE POUR LA RESOLUTION DU PROBLEME DE GESTION DES ACTIVITES EN HAD 87
Introduction 87
1 Les méthodes heuristiques pour la résolution des problématiques d'optimisation combinatoire 88
2 Approche heuristique pour la problématique de planification d'activités en HAD 90
3 Heuristique pour la résolution du problème de gestion des activités en HAD 91
3.1 Approche générale et pseudo code de l'heuristique 91
4 Expérimentations 95
4.1 Génération des données 96
4.2 Résultats 97
Conclusion 104
CONCLUSION GENERALE 105
1 Synthèse du travail effectué 106
2 Perspectives 107
BIBLIOGRAPHIE 110
ABREVIATIONS 115
RESUME 117

Liste des figures

Figure 1. Niveaux de décision dans les systèmes de santé 7
Figure 2. La différence entre l'hospitalisation traditionnelle et l'HAD 15
Figure 3. Interaction entre projet d'activités et les principales fonctions de l'HAD 31
Figure 4. Interdépendance entre niveaux de décision 34
Figure 5. Différent groupes de contraintes et d'objectifs. 43
Figure 6. Séquencement arbitraire d'activités. 48
Figure 7. Séquencement avec précédence des activités (B→A) 48
Figure 8. Classification des problématiques de la gestion des activités en HAD. 53
Figure 9. Les trois dimensions de la complexité 55
Figure 10. Tournées de deux soignants avec des patients partagés 60
Figure 11. Exemple de tournées de deux soignants 72
Figure 12. Classification des méthodes de résolution pour l'optimisation combinatoire (Ben Ismail et al, 2012) 90
Figure 13. Exemple d'introduction des contraintes de précédences entre les activités d'un patient 93
Figure 14. Exemple de correction des dépendances temporelles et de précédences entre activités 94
Figure 15. Génération des distances entre patients à partir d'un repère euclidien 96

Liste des tableaux

Tableau 1. Les instances sanitaires. 8
Tableau 2. Statistiques de la FNEHAD sur le développement de l'activité HAD de 2005 à 2010 (FNEHAD, 2011) 13
Tableau 3. Les évolutions constatées au niveau de chaque critère (FNEHAD, 2011) 13
Tableau 4. Comparaison entre les systèmes d'HAD dans différents pays 18
Tableau 5. Processus identifiés, activités, types d'activités (support et/ou centrale), nature (organisationnelle ou médicale), acteurs impliqués. 23
Tableau 6. Classification des rôles des acteurs pour la réalisation des processus 24
Tableau 7. Modèles de gestion de la logistique dans la région Rhône-Alpes. 37
Tableau 8. Durées de déplacements entre patients 68
Tableau 9. Affectation des patients aux soignants – ratio = 1 69
Tableau 10. Affectation des patients aux soignants – ratio = 2 69
Tableau 11. Affectation des patients aux soignants – ratio = 3 69
Tableau 12. Affectation des patients aux soignants - ratio = 4 70
Tableau 13. Complexité des dépendances temporelles utilisant le modèle m-TSPC. 71
Tableau 14. Déplacements et attentes des soignants et temps de calculs – ratio = 2 73
Tableau 15. Déplacements et attentes des soignants et temps de calculs – ratio = 3 73
Tableau 16. Déplacements et attentes des soignants et temps de calculs 74
Tableau 17. Temps de calcul - modèles VRPTW classiques vs le modèle m-TSPC 75
Tableau 18. Qualité des tournées - modèles VRPTW classiques vs le modèle m-TSPC 76
Tableau 19. Comparaison des approches m-TSPC et RCPSP 82
Tableau 20. Comparaison des approches m-TSPC et RCPSP 82
Tableau 21. Etude de complexité structurelle des modèles m-TSPC et RCPSP 84
Tableau 22. Résultats heuristique versus approche classique – test 1 97
Tableau 23. Résultats heuristique versus approche classique – test 2 97
Tableau 24. Résultats heuristique versus approche classique – test 3 98
Tableau 25. Résultats heuristique versus approche classique – test 4 98
Tableau 26. Résultats heuristique versus approche classique – test 5 98
Tableau 27. Résultats heuristique versus approche classique – test 6 99
Tableau 28. Pourcentages d'optimalité de l'heuristique 100
Tableau 29. Résultats heuristique versus approche classique – test 7 101
Tableau 30. Résultats heuristique versus approche classique – test 8 101

Tableau 31. Résultats heuristique versus approche classique – test 9 102
Tableau 32. Résultats heuristique versus approche classique – test 10 102
Tableau 33. Résultats heuristique versus approche classique – test 11 102
Tableau 34. Résultats heuristique versus approche classique – test 12 103

INTRODUCTION GENERALE

Le système de santé français a subi de multiples problèmes de types économiques et organisationnels. Ces problèmes ont contribué à l'apparition de multiples alternatives à l'hospitalisation traditionnelle. Les établissements d'Hospitalisation A Domicile (HAD) ont été créés comme l'une de ces alternatives et un éventuel moyen de réduction des dépenses du système de santé, tout en assurant une qualité de service satisfaisante. Appuyé par la volonté politique, le développement de ces structures s'accélère de plus en plus, mais le mode d'organisation suivi reste artisanal et hétérogène. La résolution des problématiques de type gestion des opérations pour ces structures, se fait à travers des approches qui ont prouvé leur efficacité dans le domaine industriel ou pour d'autres établissements de santé. Une adaptation de ces approches est nécessaire pour qu'elles soient applicables sur ce type de structures.

Le service fourni par les établissements d'HAD ne se résume pas à la prestation du service de soins, c'est à dire, la production et l'administration des actes médicaux et paramédicaux. En effet, la prestation de service comporte également une partie de gestion des opérations de la structure (volet organisationnel). Nos travaux de recherche portent sur des problématiques de type gestion des opérations pour les structures d'HAD. En effet ces structures doivent adopter des pratiques organisationnelles, permettant de fournir une qualité de service comparable aux structures d'hospitalisation traditionnelle. Les travaux de recherche qui suivent s'inscrivent dans une démarche d'amélioration des services des structures d'HAD.

De nombreux travaux de recherche ont porté sur deux grands thèmes, le premier concerne l'étude de l'intérêt de l'introduction et du développement de HAD. Le deuxième volet concerne le volet organisationnel, permettant de produire des réflexions sur l'organisation et la gestion (interne et externe) de ces établissements. Ce volet se penche principalement sur l'analyse de la coordination entre ressources du même établissement et/ou appartenant à des établissements différents et intervenant sur la trajectoire du patient. L'objectif de cette thèse

est d'aborder une problématique appartenant à ce deuxième volet. Pour cela, nous allons mobiliser des approches et outils dédiés pour le génie industriel, en particulier les outils et méthodes qu'utilise le domaine de la production de biens et de services. Néanmoins, une démarche d'adaptation de ces approches est nécessaire pour qu'elles soient applicables sur les systèmes de santé.

La démarche adoptée pour ce travail de recherche se base sur trois étapes essentielles. Nous commençons par présenter le système de santé et de l'organisation des structures d'HAD en France. En effet, une compréhension de ces systèmes est nécessaire afin de comprendre les facteurs essentiels de leur fonctionnement. Nous détaillons à la fin de cette étape le fonctionnement des systèmes d'HAD dans la région Rhône-Alpes, en se basant sur les retours du projet régional Organisation des Soins A Domicile (OSAD)[1]. La deuxième étape concerne les problématiques de gestion et la planification des activités de soins en HAD. Cette étape détaille l'ensemble des éléments nécessaires pour la gestion des activités de soins et des ressources humaines en HAD. Ce travail conduira à l'élaboration d'une classification des problématiques de la gestion des activités en HAD. Cette classification nous servira en troisième étape comme repère pour le développement et la résolution d'une des problématiques gestion des activités de soins en HAD. En effet, nous proposons un ensemble d'outils et approches pour la résolution de la problématique des tournées d'infirmiers en HAD, sous différentes contraintes liées à la réalisation des soins et en particulier aux contraintes de dépendances temporelles.

1. Organisation du mémoire :

Chapitre 1 :

Le *chapitre 1* propose une description générique du système de santé en France en mettant en évidence les instances décisionnelles et les différents types d'établissements de santé. Dans une deuxième partie nous présentons plus en détails le concept d'hospitalisation à domicile (HAD), en soulignant l'évolution de ce mode de prise en charge. Nous terminons le *chapitre 1* par une présentation des modes de fonctionnement des établissements d'HAD, en nous basant sur les résultats du projet régional Organisation des Soins A Domicile (OSAD).

[1] http://www.laspi.fr/osad

Chapitre 2 :

Le *chapitre 2* se divise en deux parties principales : dans la première nous présentons le modèle de prise en charge en HAD, les déterminants de la prise de décision en HAD, enfin, nous caractérisons les ressources impliquées dans ces prises de décision, avant de nous recentrer sur le cœur du sujet de thèse portant sur la planification des ressources en HAD. La seconde partie est une revue de la littérature concernant les travaux réalisés sur la problématique de gestion et de planification des ressources (matérielles et humaines) en HAD. Nous concluons en proposant une classification des problématiques de planification des ressources humaines.

Chapitre 3 :

Dans le *chapitre 3*, nous proposons une description détaillée du problème de planification des activités de soins en HAD. Nous proposons pour la résolution de cette problématique, deux approches par Programmation Linéaire mixte en Nombre Entiers (PLNE). Le premier modèle est basé sur la construction des tournées coordonnées d'un ensemble de voyageurs de commerce avec fenêtres de temps (multi-Traveling Salesman Problem-Coordinated – m-TSP), le second est basé sur l'ordonnancement de projets avec contraintes de ressources » (Ressources Constrained Project Scheduling Problem - RCPSP).

Les modèles proposés sont testés sur un ensemble d'instances et de données, choisies au regard des deux axes de complexité (i) de dépendance temporelles et (ii) du ratio « nombre de visite de soins / soignant ». Nous proposons un plan d'expérience qui permet d'évaluer et de comparer les performances des deux approches. En conclusion de ce chapitre, nous faisons des recommandations quant à l'utilisation de chacune des approches et nous introduirons un nouveau modèle basé sur une heuristique originale.

Chapitre 4 :

Dans le *chapitre 4*, nous développons une heuristique originale pour la résolution de cette problématique de gestion des activités de soins en HAD. L'objectif est d'obtenir une heuristique qui présente des performances en termes de qualité de solutions sensiblement identique à celles des méthodes exactes avec des temps de calculs raisonnables pour la résolution de problème de taille réelle. Cette heuristique est testée sur un ensemble d'instances et de données. Les résultats de ces tests seront confrontés à ceux obtenus par les outils basés sur des méthodes exactes.

CHAPITRE 1

LE SYSTEME DE SANTE ET L'HOSPITALISATION A DOMICILE (HAD) EN FRANCE

Chapitre I. LE SYSTEME DE SANTE ET L'HOSPITALISATION A DOMICILE (HAD) EN FRANCE

Introduction

Durant la dernière décennie, la Sécurité Sociale a accumulé de très importants déficits (Mougeot, 1999). Cette situation a conduit à la mise en place de mesures de réduction des marges pour les acteurs du domaine de la santé (fournisseurs de soins, industrie pharmaceutique …), motivant ces derniers à innover et à s'organiser afin de maintenir la qualité de leurs services, tout en gardant le même niveau de compétitivité.

Dans le domaine de la santé, la notion de compétitivité s'applique plutôt aux industries pharmaceutiques ou aux prestataires de services, tels que les fournisseurs de matériels médicaux. Pour les établissements hospitaliers, bien qu'il puisse y avoir des chevauchements entre les zones géographiques desservies, cette notion n'est pas ressentie de la même manière qu'en industrie (Chahed et al, 2008). Ces établissements ne seront compétitifs selon (Le Pogam et al, 2009) que si les patients en sont satisfaits, s'ils ont confiance dans les services proposés et si leurs intentions comportementales, découlant de la satisfaction et de la confiance, sont favorables à la structure leur ayant prodigué les soins. Les auteurs ont également indiqué que la création de connaissances nouvelles compréhensibles et intégrées par les professionnels de la santé, s'avère indispensable dans l'optique de recherche de compétitivité.

Les défis économiques et la qualité de service représentent les deux classes d'enjeux principaux et complémentaires les uns avec les autres dans le système de santé. Chaque acteur de soins est obligé de s'intéresser autant à son organisation interne que de penser aux

échanges et collaborations avec les autres réseaux. Cela nécessite des réflexions sur les meilleurs mécanismes de régulation afin de bien améliorer la compétitivité.

L'organisation globale du système de santé, et particulièrement des fournisseurs de soins, passe nécessairement par l'amélioration de l'organisation de l'hospitalisation traditionnelle, mais aussi par le développement d'autres alternatives à cette dernière. Les établissements d'Hospitalisation A Domicile (HAD) ont été créés depuis une cinquantaine d'années, comme une alternative à l'hospitalisation traditionnelle et un éventuel moyen de réduction des dépenses du système de la santé, tout en assurant une qualité de service satisfaisante. Durant ces dernières années, une grande volonté politique a permis à ce mode de prise en charge de se développer considérablement en France. Le but de ce dernier est de réduire, voire d'éviter une hospitalisation complète, et ce pour pallier l'engorgement des hôpitaux. Cependant, le mode d'organisation de ces établissements de prise en charge à domicile n'a pas connu le développement nécessaire au niveau organisationnel.

Dans nos travaux nous allons nous intéresser aux problématiques d'organisation des établissements d'HAD. Avant cela, nous abordons le premier chapitre, par une description générique du système de santé en France en mettant en évidence ses instances décisionnelles et les différents types d'établissements de santé. Dans une deuxième partie, nous présentons plus en détail le concept d'hospitalisation à domicile (HAD), en soulignant l'évolution de ce mode de prise en charge. Nous terminons ce chapitre par une présentation des modes de fonctionnement des établissements d'HAD, en nous basant sur les résultats du projet régional Organisation des Soins A Domicile (OSAD)[2].

[2] Plus de détail dans la section 3.2

1 Le système de santé en France

Un système de soins est constitué d'un ensemble d'instances décisionnelles et de différents types d'établissements. Les acteurs impliqués dans la prise de décision visent à organiser et à améliorer un système de santé à tous les niveaux de décision. Afin d'identifier clairement ces derniers, il est intéressant de visualiser les différents niveaux de décision du système de soins. Dans (Chahed et al, 2008) nous retrouvons une typologie des décisions émanant de l'ensemble des acteurs impliqués dans le système de santé, et ce, du niveau international, représenté par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), au niveau le plus opérationnel plus exactement au niveau individuel, par exemple les médecins, les infirmiers, le personnel administratif, etc. La Figure 1 résume ces exemples.

Niveaux de décision	Flux de décisions	Acteurs participants
Décision au niveau international		Organisation mondiale de santé (OMS)
Décision au niveau national		Ministère de la santé, parlement, …
Décision au niveau régional		Conseils régionaux, ARH, …
Décision d'un réseau de santé		Centres de décision
Décision interne d'un établissement de santé		Comité de direction, administrateurs, …
Décisions individuels		Personnel médical, administratif

Figure 1. Niveaux de décision dans les systèmes de santé

Les décisions d'ordre stratégiques sont des décisions qui visent à coordonner et à instrumenter les différents modes de fonctionnement de l'ensemble des systèmes de santé. Les décisions prises à ce niveau concernent tout le système de santé, ce qui souligne l'importance majeure qu'elles représentent. En revanche, en se rapprochant des niveaux de décisions les plus opérationnels, le nombre d'organisations ou de personnes concernées par les décisions diminuent, contrairement à cela, le nombre des personnes participants à la prise de décisions augmente.

Dans la section 1.1, nous listons les instances décisionnelles intervenant aux niveaux national et régional. Nous continuerons dans la section 1.2, avec une classification des établissements et réseaux de santé en France (établissements hospitaliers, alternatives à l'hospitalisation …).

1.1 Les instances sanitaires en France

Le tableau 1 résume l'ensemble des instances sanitaires chargées de la prise de décision au niveau national et régional, en France.

Instances sanitaires nationales	Instances sanitaires régionales
L'administration sanitaire et sociale	Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales (DRASS)
La Haute Autorité de Santé (HAS)	L'Agence Régionale de l'Hospitalisation (ARH)
La Caisse Nationale de l'Assurance Maladie (CNAM)	La Caisse Régionale d'Assurance Maladie (CRAM)
l'Institut de Veille Sanitaire (IVS)	Des représentants d'établissements publics
le Groupement pour la Modernisation du Système d'Information Hospitalier (GMSIH)	Des représentants de la Région, du Département, des Communes
la Centrale Humanitaire Médico-Pharmaceutique (CHMP)	

Tableau 1. Les instances sanitaires.

1.2 Classification des établissements et réseaux de santé en France

Une étude de (Bonnici, 2003) a confirmé que « *La politique de santé française s'appuie sur un important réseau d'établissements et de professions de santé. L'offre de santé est constituée du secteur hospitalier et du secteur de soins ambulatoires (médecine de ville ou médecine libérale)* ».

1.2.1 Les établissements hospitaliers

Trois types d'organisations constituent le système hospitalier Français (Chaabane et al, 2004) et (Colombani et al, 2007), à savoir :

- Les hôpitaux publics : Ces établissements ont été classés en plusieurs types[3], à savoir ;
  - *Les Centres Hospitaliers (CH) :* ces derniers se décomposent en deux types d'établissements, à savoir, les Centre Hospitalier Régional (CHR) et les Centre Hospitalier Universitaire (CHU) ;
  - *Les Hôpitaux Locaux (HL)* ;
- Les établissements de santé privés à but non lucratif ;
- Les hôpitaux privés à but lucratif, ou cliniques privées ;

[3] L'article L 6141-2 du Code de la Santé Publique.

1.2.2 Les alternatives à l'hospitalisation

Il s'est avéré au fil du temps que la réduction du nombre de lits hospitaliers, l'amélioration de l'accès aux soins sur l'ensemble du territoire et l'augmentation de la demande d'hospitalisation, constituent des enjeux principaux pour améliorer l'offre de soins. Cela a imposé l'étude et le développement de différentes alternatives. L'hospitalisation dans des établissements de santé hors les murs de l'hôpital ou sans hébergement constitue des alternatives à l'hospitalisation traditionnelle. Une classification pertinente de ces alternatives a été proposée par (Zerbib et al, 1990) :

- Alternatives à l'intérieur de l'hôpital : Hôpital de jour, Chirurgie ambulatoire …
- Alternatives en structure ouverte (organisme du secteur psychiatrique).
- Alternatives au domicile du patient : Hospitalisation A Domicile (HAD), Soins à Domicile (SAD), Traitements spécialisés à domicile (TSAD), Maintien à domicile (MAD).

Dans cette classification, les soins à domicile ont été également présentés suivant la notion de « soins gradués » qui se base sur une échelle d'intensité de soins et se matérialise par le besoin d'accès à un plateau technique ou des compétences techniques spécialisées pour les soins. Dans une première échelle, les auteurs situent les soins de faible intensité, essentiellement des soins infirmiers de base réalisés souvent par des aides-soignants, avec une intervention médicale mineure, tel que le maintien à domicile (MAD). Dans une seconde échelle, la classification proposée opte pour un positionnement des soins d'hygiène et de la surveillance paramédicale de base pour personnes âgées, tel que les soins à domicile (SAD). À une échelle plus élevée, les auteurs positionnent les soins habituellement réservés à l'hôpital avec des interventions médicales plus fréquentes, tel que l'hospitalisation à domicile (HAD). La dernière échelle citée concerne les traitements spécialisés à domicile (TSAD), qui regroupe les soins nécessitant l'utilisation d'appareillages lourds tels que la ventilation assistée, la nutrition artificielle, etc.

La nature des soins à domicile (SAD) appelés également soins infirmiers à domicile (SIAD), est bien définie. Ces structures assurent, sur prescription médicale, aux personnes âgées ou dépendantes, les soins infirmiers ou d'hygiène générale, l'aide à l'accomplissement des actes essentiels de la vie, ainsi que d'autres soins relevant d'auxiliaires médicaux. Les SAD se situent souvent en amont d'une hospitalisation, car ils visent à prévenir ou différer l'entrée à l'hôpital ou en établissement de soins. Cette forme de soins est donc plus légère que l'HAD,

d'ailleurs, sont juridiquement exclus des actes de SAD, les perfusions, les transfusions sanguines, les chimiothérapies et les soins plus lourds où l'installation à domicile d'équipements médicaux est obligatoire (EURASANTE, 2011). Cependant, toutes ces alternatives permettent de réduire, voire, d'éviter une hospitalisation, d'où leur intérêt économique et social. Généralement, elles sont complémentaires puisqu'elles permettent chacune une intervention dans un niveau de soins particulier, ce qui permettra au patient d'être suivi dans toutes les étapes de son parcours thérapeutique.

1.2.3 Les réseaux de soins

Un réseau de soins permet d'organiser et de réorganiser un système, dont l'objectif est de coordonner l'ensemble des acteurs sur un territoire. Autrement dit, il permet de réorganiser le système de santé afin de faire travailler ensemble les différents professionnels intervenant dans la prise en charge d'une maladie (spécialistes / généralistes, hôpital / ville, médicaux / paramédicaux, public / privé, santé / social). Ces derniers sont devenus un enjeu important dans la réorganisation du système de santé français. Les réseaux constituent une forme organisée d'action collective apportée par des professionnels en réponse à un besoin de santé des individus et/ou de la population à un moment donné, sur un territoire donné (EURASANTE, 2011).

La constitution des réseaux présente plusieurs intérêts. Elle permet aux acteurs d'accéder à une meilleure position sur le marché, de partager leurs coûts, mutualiser leurs capacités et leurs compétences, ainsi que de faciliter l'accès aux technologies de pointe et l'échange de bonnes pratiques (Chahed et al, 2008). Par ailleurs, ceci nécessite la mise en place d'un système d'information adéquat permettant aux professionnels de santé de diffuser les recommandations et les bonnes pratiques, et permettant aux patients ainsi qu'à leur entourage, d'accéder à des informations pratiques supportant leur éducation quant à la maladie traitée.

2 L'Hospitalisation A Domicile (HAD) en France

2.1 Historique de l'HAD en France

Dans les années 1920, de grands problèmes liés au désengorgement des hôpitaux, et à l'apparition du matériel de plus en plus performant sont apparus en France. Cela a

encouragé un ensemble d'infirmiers parisiens (France) spécialisés dans le cadre de l'assistance publique, de proposer une première initiative à l'hospitalisation à domicile. Cette proposition fut sans suite (Lataste, 1998), (Callanquin et al. 2001). Cette initiative a été suivie par la création du « Home Care » aux Etats Unis en 1947, qui est une forme d'hospitalisation à domicile. Cette initiative permet la réalisation des soins à domicile des patients, tout en bénéficiant des avantages du cadre familiale et le confort que trouvent les patients dans leurs domiciles.

Par la suite en 1951, une tentative, réussie, a été réalisée au niveau de l'hôpital de Tenon à Paris. En 1957, l'Assistance Publique des hôpitaux de Paris (AP-HP) crée la première structure d'HAD. Le Professeur Denoix, directeur de l'Institut Gustave Roussy de Villejuif, crée la seconde structure d'HAD en 1958. « Santé-Service », destinée dans un premier temps aux malades souffrant d'un cancer. L'officialisation de cette forme de prise en charge a été confirmée en 1961 par une signature de la première convention entre la Caisse Primaire d'Assurance Maladie (CPAM) de l'Ile de France et les deux structures d'HAD existantes (Lataste, 1998). Cette convention a été considérée comme une réussite pour la mise en place de l'HAD. (Zerbib et al, 1990) et (Farnault, 2004) ont signalé que la vision Française de la prise en charge à domicile se base sur l'utilisation des libéraux afin d'assurer une continuité de soins pour les patients. A partir des années 70, les établissements d'HAD ont connu une reconnaissance légale à travers un ensemble de lois et décrets. Ces textes réglementaires concernent la définition des structures d'HAD, leurs missions, ainsi qu'un recadrage des conditions d'admission, de fonctionnement et d'organisation. Nous résumons dans la suite les textes fondateurs du développement de ce mode de prise en charge.

Le texte de loi du 31 décembre 1970 « *les services des centres hospitaliers peuvent se prolonger à domicile, sous réserve du consentement du malade ou de sa famille, pour continuer le traitement avec le concours du médecin traitant* » (IRDES, 2011). Cette loi présentait les services d'HAD comme un prolongement d'une hospitalisation traditionnelle. Cette loi a été suivie par la circulaire de la Caisse Nationale d'Assurance Maladie (CNAM) du 29 octobre 1974 qui fixait les règles de création ainsi que les critères et les conditions d'admission en HAD. La réforme hospitalière de 1970 a été renforcée par la loi de 1979, relative aux équipements sanitaires, qui autorise le secteur privé hospitalier à créer des services d'hospitalisation à domicile tandis que les décrets d'application et de fonctionnement des services HAD ne sont pas

parus. Ce sont donc les conventions parues avec l'Assurance Maladie qui fixent les conditions d'admissions en HAD (Farnault, 2004).

Durant les années 80 la circulaire du Ministère des Affaires Sociales du 12 mars 1986 définit : « *l'hospitalisation à domicile recouvre l'ensemble des soins médicaux et paramédicaux délivrés à domicile à des malades dont l'état ne justifie pas le maintien au sein d'une structure hospitalière. Ces soins doivent être d'une nature et d'une intensité comparables à ceux qui étaient susceptibles de leur être prodigués dans le cadre d'une hospitalisation traditionnelle* ». Ce texte permet d'assouplir certaines règles concernant le fonctionnement des HAD. Le fonctionnement de ces structures a été renforcé par un le décret n° 92.11.01 du 02 octobre 1992 « *d'assurer au domicile du malade, pour une période limitée mais révisable en fonction de son état de santé, des soins médicaux et paramédicaux continus et nécessairement coordonnés. Ces soins se différencient de ceux habituellement dispensés à domicile par la complexité et la fréquence des actes* ». Ce décret précise les conditions techniques du fonctionnement de l'HAD (IRDES, 2011).

La circulaire11 ministérielle du 30 mai 2000 spécifie que « *l'hospitalisation à domicile concerne les malades atteints de pathologies graves, aiguës ou chroniques, évolutives et/ou instables qui, en l'absence d'un tel service, seraient hospitalisés en établissement de santé. L'HAD a pour objectif d'éviter ou de raccourcir l'hospitalisation en service de soins aigus ou de suite et réadaptation, lorsque la prise en charge à domicile est possible* ». Cette circulaire complète les précédentes, toute en confirmant que la HAD est une alternative à l'hospitalisation traditionnelle. Cette circulaire est complétée par une autre le 04 février 2004 qui aborde les modalités de prise en charge générale, en périnatalité, en pédiatrie et en psychiatrie.

2.2 Le développement de l'HAD en France

Depuis 1970, l'HAD a parcouru un long chemin vers sa reconnaissance légale en France. Afin d'accompagner cette évolution la Fédération National des Etablissements d'HAD (FNEHAD) a été créée en 1973. La FNEHAD est la seule fédération hospitalière dédiée à l'HAD. Elle regroupe actuellement 292 établissements d'HAD installés sur le territoire Français quel que soit leur statut juridique (public, privé). (FNEHAD, 2012).

En 1974, il existe seulement 10 structures d'HAD en France, le plus récent rapport de la FNEHAD (FNEHAD, 2011) signale une importante progression de l'activité d'HAD qui se

confirme année après année. Le tableau 2 présente des statistiques de la FNEHAD sur le développement de l'activité HAD de 2005 à 2010, selon 5 indicateurs (FNEHAD, 2011)

	Nbr d'HAD	Evol en %	Nbr de journées	Evol en %	Nbr de séjours complets	Evol en %	Nbr de patients	Evol en %	Valorisation brut en €	Evol en %
2005	123		1 505 814		63 666		35 037		285 072 K€	
2006	166	34.96%	1 948 210	29.38%	80 980	27.20%	46 022	31.43%	385 979 K€	35.40%
2007	204	22.89%	2 379 364	22.13%	95 100	17.44%	56 287	22.30%	474 843 K€	23.02%
2008	231	14.21%	2 777 900	16.75%	112 591	18.39%	71 743	27.46%	546 062 K€	15.00%
2009	271	17.32%	3 298 104	18.73%	129 748	15.24%	86 674	20.81%	652 368 K€	18.36%
2010	292	7.75%	3 629 777	10.06%	142 859	10.10%	97 624	12.63%	714 045 K€	9.45%

Tableau 2. Statistiques de la FNEHAD sur le développement de l'activité HAD de 2005 à 2010 (FNEHAD, 2011)

Le tableau 3 synthétise les évolutions constatées au niveau de chaque critère présenté dans le tableau 2, de 2005 jusqu'à 2010.

Critère	Nombre d'établissements	Nombre de journées	Nombre de séjours complets	Nombre de patients	Valorisation brut en euro
Evolution en %	+137.40%	+141.05%	+124.39%	+178.79%	+150.48%

Tableau 3. Les évolutions constatées au niveau de chaque critère (FNEHAD, 2011)

Nous constatons que l'activité des établissements d'HAD ne cesse pas de croitre d'une année à l'autre quel que soit l'indicateur. Cependant, il est remarquable que cette croissance semble moins importante dans les dernières années. Cette stabilisation semble logique, vu que le système Français commence à atteindre une quasi-satisfaction en terme couverture du territoire Français par les établissements d'HAD (selon la FNEHAD, au moins un établissement par département en 2010).

En fin d'année 2010, près de 11 000 places ont été installées dans les établissements d'HAD, ce qui représente une évolution de 145% par rapport à l'année 2005 (4 538 places installées). Ce résultat semble satisfaisant mais pratiquement loin de l'objectif tracé par les autorités Françaises, qui était d'atteindre 15 000 places en décembre 2010 selon (Afrite et al, 2009). Nous remarquons ainsi que, la croissance annuelle du nombre de places est ainsi trois fois moins rapide en 2010 qu'en 2006.

2.3 Positionnement de l'HAD dans le système de santé Français

L'hospitalisation à domicile est un mode de prise en charge qui favorise le renforcement des liens entre l'hôpital et la ville, et ce en faisant collaborer les différents acteurs qui constituent le système de santé avec son volet sanitaire, social et médico-social. La HAD peut donc être considérée comme un outil qui permet d'assurer une continuité de soins et de prise en charge efficace. Le patient, étant le maillon commun entre les différents acteurs de ce mode de prise en charge, bénéficie d'un confort psychologique et social, ce qui a fait de la HAD une alternative bien recommandée par les acteurs de soins. Nous pouvons dire donc, que l'HAD représente une passerelle entre l'hôpital et la ville. Les éléments suivants mettent en clair les avantages de l'HAD par rapport à la prise en charge en hospitalisation classique :

- La prise en charge en HAD coûte moins cher aux organismes financeurs, grâce au développement de la technologie, la diminution des risques tels que les infections nosocomiales.
- Le patient peut bénéficier d'une relation privilégiée avec le médecin et l'équipe soignante, profiter de la présence de son entourage et éviter ainsi la désocialisation (Raffy-Pihan, 1997).
- Les professionnels de santé d'une structure d'HAD sont plus autonomes, et prennent en charge un nombre de patients plus réduit par rapport à l'hôpital, ce qui leur permet de se rapprocher d'avantage des patients.
- Le développement de ce mode de prise en charge permet aux hôpitaux de se focaliser plutôt sur leurs principales activités, telles que, les opérations chirurgicales, imagerie médicale …

Nous résumons dans la Figure 2 la différence entre l'hospitalisation traditionnelle et l'HAD. La HAD comme alternative efficace à l'hospitalisation traditionnelle, a prouvé sa capacité de prendre en charge un nombre important de pathologies. En revanche, elle montre des faiblesses lorsqu'il s'agit de personnes fortement dépendantes et présentant certaines pathologies très lourdes (Wilson et al, 1999), et ce à cause du coût très élevé de leur prise en charge (Coyte et al, 2000). L'évaluation des coûts de prise en charge des patients en HAD, se base sur une évaluation de la dépendance de chacun. La tarification de la prise en charge des patients en HAD a été suffisamment discutée dans la littérature et nous faisons référence à (Afrite et al, 2009), (Chahed et al, 2008) et (B.Bachouch et al, 2011).

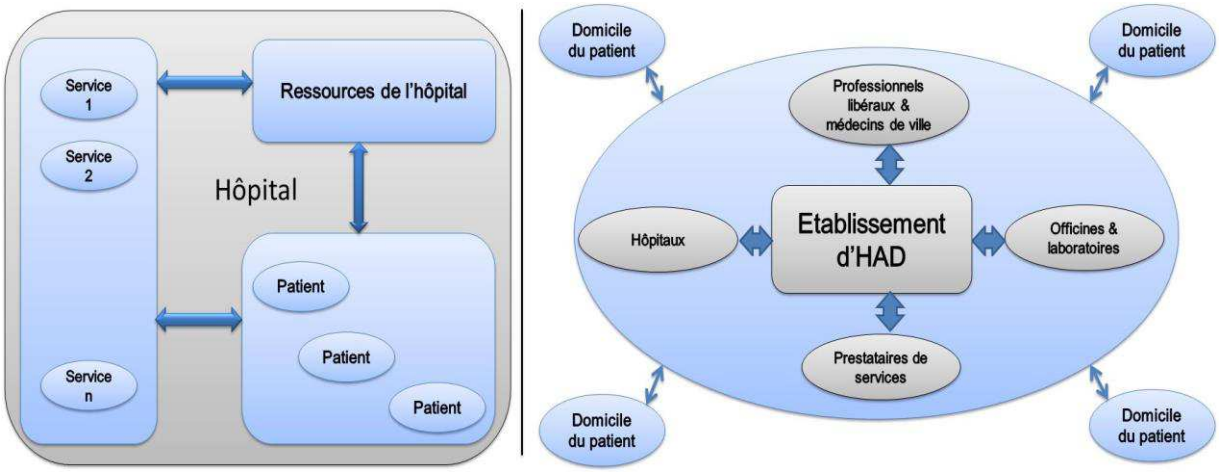


Figure 2. La différence entre l'hospitalisation traditionnelle et l'HAD

2.4 Facteurs de développement et freins de l'HAD en France

2.4.1 Facteurs de développement de l'HAD

L'importante évolution qu'a connue l'HAD ces dernières années est principalement due à sa réussite et à sa capacité de désengorger les hôpitaux, en écourtant ou en évitant une prise en charge dans une structure hospitalière traditionnelle. D'autres facteurs ont contribué au développement de la prise en charge en HAD que nous résumons dans la suite :

- Facteurs épidémiologiques : apparition de nouvelles pathologies chroniques.
- Facteurs démographiques : vieillissement de la population.
- Facteurs géographiques : localisation de la population sur le territoire Français et la complexité d'accès aux hôpitaux.
- Facteurs technologiques : apparition de nouveaux outils de la technologie médicale, nanotechnologie, télémédecine (CATEL, 2007).

Cet ensemble de facteurs a été renforcé par une volonté des autorités Française de lancer ce mode de prise en charge, à travers un ensemble de réformes et de lois. Ce lancement s'inscrit dans la volonté de multiplier les formes de l'offre de soins. Dans les années 2000, d'autres textes et réformes complémentaires sont apparus afin de clarifier le rôle des intervenants, élargir le champ d'activités, mais aussi afin d'obliger les SROS (Schéma Régional d'Organisation Sanitaire) à prendre en compte la HAD dans l'organisation de l'offre de soins dans une population donnée (FNEHAD, 2011). Ces textes ont été formulés sous forme de circulaires ministérielles de mai 2000 et février 2004.

Le passage à la tarification à l'activité (T2A) quant à lui, a permis un meilleur financement des modes de prise en charge autorisés en HAD. Par ailleurs, d'autres ressources financières supplémentaires sont allouées de manière à couvrir les dépenses relatives à certaines activités telles que les soins palliatifs. Par exemple, un montant de 1.6 millions d'euros sont alloués pour des soins palliatifs à des patients de très grande dépendance (Chevreul et al, 2004 a, b) (Chevreul et al, 2005).

2.4.2 Freins de l'HAD

Nous avons constaté que la HAD subit également un ensemble de facteurs qui peuvent être considérés comme des freins pour son évolution. Nous citons parmi ces derniers les trois catégories suivantes :

- Le manque de connaissance de la part des médecins ou les patients de l'offre de prise en charge en HAD, et parfois la réticence devant cette proposition par peur d'être « moins bien soignés ».
- Les difficultés d'installation des structures d'HAD dans des zones difficilement accessibles : cette difficulté est due au refus des fournisseurs de soins de travailler dans de telles zones ainsi que les problèmes logistiques qui peuvent être rencontrés.
- La mise en place initiale du système de santé Français se base sur des structures hospitalières qui n'ont pas cette notion de « transporter » les soins chez le patient Cette conception a marginalisé la notion de mobilité, qui est une notion centrale dans l'HAD. Cette situation a entrainé selon (Durand et al, 2010), une relation étroite avec les structures d'hospitalisation qui a limité jusqu'à présent la place de l'HAD dans les parcours de soins.

L'analyse réalisée par (Diane, 2010) sur l'optimisation des systèmes de prise en charge à domicile Français, a mis en évidence trois facteurs qui sont considérés de leur part comme des freins pour ce mode de prise en charge. L'auteur de cette analyse juge que ces derniers sont les freins majeurs pour l'HAD :

- Manque d'interaction entre les intervenants à domicile : la mise en œuvre d'une coordination de qualité entre les acteurs de prise en charge à domicile est fortement limitée par la multitude des décisions issues à la fois des secteurs sanitaires et sociaux, et la multiplicité des statuts des intervenants. Cette division entraine l'absence d'une évaluation globale de la situation de la personne prise en charge ce qui entraine des

défauts de personnalisation, de qualité et d'efficience d'accompagnement. Les déficits d'échanges peuvent être causés par le manque d'outils interopérables et de protocoles. Enfin l'absence de régulation de l'offre de prise en charge à domicile en fonction des besoins à l'échelon du territoire empêche toute fluidité du système de prise en charge à domicile.

- Difficulté d'innovation et d'expérimentation dans le domaine de la prise en charge à domicile : la mise en place des innovations et la diffusion des expérimentations dédiées au domaine de la prise en charge à domicile, sont limitées par des barrières culturelles, juridiques et économiques.
- Manque de contrôle ou d'évaluation des dépenses allouées au domicile : le manque d'organisation et de contrôle de prestations, matériels et aides financières associés à la prise en charge à domicile provoque un défaut de rationalisation des dépenses et par conséquence un défaut d'efficience économique.

2.5 Prise en charge à domicile à l'étranger

Nous avons signalé précédemment que l'hospitalisation à domicile est apparue dans ces débuts entre la France et les Etats Unis d'Amérique. Au fil du temps, cette forme de prise en charge a était adoptée dans d'autres pays. Selon (Polton, 2003) et (Chevreul et al, 2004 a, b) (Chevreul et al, 2005) les formes de ce modèle diffèrent d'un point de vue organisationnel d'un pays à l'autre. Ces différences peuvent même apparaitre dans un même pays, tel que les pays basés sur des états fédéraux ou ceux qui sont basés sur une politique de régionalisation (Abelson et al, 2004). Nous citons comme exemple le Canada, qui est divisé en dix provinces et trois territoires, de superficie et de populations très différentes.

Dans la suite nous énumérons les principaux systèmes de prise en charge à domicile, qui ont été étudiés dans la littérature :

- Italie : Assistance à Domicile ou Traitement à Domicile.
- Australie : Hospital in the home ….
- Canada : Hospitalisation A Domicile ou Home Health Care.
- Etats-Unis / Royaume-Uni : Home Health Care.

Plusieurs critères permettent de comparer les systèmes de prise en charge à domicile dans différents pays. Le premier est le motif d'adoption de ce mode de prise en charge qui

constitue le premier critère à prendre en compte. Le critère commun à la mise en place de l'HAD est économique, néanmoins certains pays l'ont également adopté pour désengorger les hôpitaux. Malgré les dépenses importantes dans le système de santé, l'amélioration de la qualité de vie des malades ne semble pas un objectif principal pour les pays analysés dans le document de (Raffy-Pihan, 1994), y compris la France selon (Chahed et al, 2008). D'autres critères secondaires d'adoption sont à signaler, nous citons, la nature du service fourni par la HAD, les intervenant dans une HAD ainsi que la population concernée.

Une étude détaillée sur les systèmes de prise en charge à domicile en Australie, Royaume-Unis, le Canada et la France, a été réalisée par (Chevreul et al, 2004a, b). Le tableau 4 résume une comparaison réalisée dans cette étude entre les différents systèmes.

	Canada	Royaume-Unis	Australie	France	Italie
Nomination de l'hospitalisation à domicile	Home Health Care (HHC) – Hospitalisation A Domicile (HAD)	Home Care	Home Hospital	Hospitalisation A Domicile (HAD)	Assistance à domicile ou Traitement A domicile
Natures des soins délivrés par les services d'HAD	- Soins de faible technicité, - Soins hospitaliers aigus - Soins de longue durée se substituant aux soins dispensés en établissement	- Soins de faible technicité, - Soins continus, permettant le maintien / retour à domicile pour des patients atteints de pathologies chroniques ou patients âgées	Soins de forte technicité	- Soins de forte technicité, - Soins aigus ou ponctuels, - Soins continus, - Soins de suite et de réadaptation.	- Soins de forte technicité , - Soins aigus ou ponctuels , - Soins continus,
Raisons pour faire appel à l'HAD	Réduction des lits hospitaliers	Encombrement de lits de soins aigus	Insuffisance de l'offre hospitalière	Encombrement des lits hospitaliers	Réduction des dépenses du système de soins

Tableau 4. Comparaison entre les systèmes d'HAD dans différents pays

Au niveau de l'Europe, les différents pays sont face à un ensemble de changements démographiques, sociaux, technologiques ainsi que politiques, qui peuvent d'une façon ou d'une autre influencer la demande des soins à domicile. L'étude réalisée par (Aguzzi et al, 2008) présente cinq changements qui sont considérés comme essentiels dans le développement de la HAD au niveau européen :

- Changements démographiques qui sont ressentis par l'augmentation du nombre de personnes âgées en Europe, et entraine une augmentation de la demande de soins à domicile.
- Changement de comportement social de la population : familles dispersées et peu de personnes pouvant assister les personnes âgées à leurs domiciles.
- Changements épidémiologiques : apparition de nouvelles pathologies et de maladies qui peuvent être traitées à domicile.
- Développement de la science et de nouvelles technologies médicales : les domiciles des patients sont de plus en plus adaptés à l'HAD (internet, nouvelles technologies …).
- Attentes des malades : 90% des interviewés par un sondage européen pensent qu'il est préférable de soigner les personnes âgées à leur domicile.

3 Fonctionnement des établissements d'HAD dans la région Rhône-Alpes

Dans cette partie, nous décrivons les résultats de l'étude du fonctionnement que nous avons réalisée sur les établissements d'HAD, dans la région Rhône-Alpes dans le cadre du projet régional OSAD (Organisation des Soins A Domicile)[4]. Le projet OSAD est financé par la région Rhône-Alpes, dans le cadre des clusters de recherche, avec participation d'un ensemble de laboratoires de recherche de la région, à savoir :

- Le Laboratoire LASPI (Laboratoire d'Analyse des Signaux et des Processus Industriels) de l'Université Jean Monnet de Saint Etienne.
- Département Génie Industriel et Hospitalier (GIH) - Centre Ingénierie et Santé (CIS) – Ecole des Mines de Saint Etienne (EMSE).
- Le Laboratoire LIESP (Laboratoire d'Informatique pour l'Entreprise et les Systèmes de Production) de l'INSA de Lyon, de l'Université Claude Bernard Lyon 1 et de l'Université Lumière Lyon 2.
- Le laboratoire GRAPHOS (Groupe de Recherche Appliquée Pluridisciplinaire sur l'Hôpital et les Organisations de Santé) de l'université Jean Moulin Lyon 3.
- Le laboratoire GIPSA (Equipe Systèmes à Evénements discrets), CNRS, Institut Polytechnique de Grenoble et Université Joseph Fourier.

[4] http://www.laspi.fr/osad

- Le Laboratoire G-SCOP (Grenoble - Sciences pour la Conception, l'Optimisation et la Production), CNRS, Institut Polytechnique de Grenoble et Université Joseph Fourier.

L'objectif général du projet était d'étudier l'organisation, le fonctionnement, et la gestion des activités réalisées en HAD afin de proposer des démarches d'amélioration de la qualité de la prise en charge des patients, des conditions de travail des professionnels ainsi que l'amélioration de l'efficience d'utilisation des ressources. Les travaux menés concernaient les différents niveaux de prises de décisions afin de permettre une meilleure structuration des établissements d'HAD, et par conséquence une meilleure organisation interne de ces structures. Ce projet s'est focalisé plus particulièrement sur les thèmes suivants :

- Ingénierie de conception des HAD ;
- Planification et ordonnancement de l'activité ;
- Gestion des ressources humaines ;
- Gestion de la logistique ;
- Appropriation des nouveaux outils de gestion et de communication ;
- Pertinence économique du recrutement en HAD ;
- Pilotage par la performance.

Chacun de ces thèmes était abordé par un groupe de chercheurs appartenant à de multi laboratoires de recherches. Dans le cadre de ce projet, j'ai participé activement à trois groupes de travail, i.e. planification et ordonnancement de l'activité, gestion des ressources humaines, gestion de la logistique.

Dans un premier temps, j'ai contribué à l'élaboration d'un questionnaire structuré. Ce dernier nous a servi comme outil pour la réalisation d'une enquête détaillée sur le fonctionnement de chaque établissement. Cette enquête a été réalisée auprès de 18 des 21 établissements d'HAD de la région Rhône-Alpes.

Dans un second temps, j'ai participé au dépouillement et l'analyse de l'enquête qui a conduit à l'élaboration d'un rapport de synthèse. Ce rapport décrivait, à la fois le fonctionnement des différentes structures de la région Rhône alpes, mais aussi, il proposait un ensemble de pistes de recherches sur des problématiques liées à la prise en charge en HAD. Dans la section suivante, nous synthétisons quelques résultats qui nous semblent utiles pour notre travail de recherche.

3.1 Les processus identifiés

Nous définissons un processus comme une succession d'activités transformant un flux physique ou d'informations, traversant la structure de soins et supporté par divers acteurs. Chaque activité peut être qualifiée de « centrale », lorsqu'il s'agit d'activités directes, relatives à la planification des activités ou au métier des ressources humaines, comme elles peuvent être qualifiées de « support » lorsqu'il s'agit d'activités indirectes, supportant la planification d'activités ou la gestion des ressources humaines. Le tableau 5 est un résumé de l'ensemble des processus identifiés avec, pour chacun, les activités constituant, les qualifications pour chaque activité (support et/ou centrale) et sa nature (organisationnelle ou médicale), et enfin les acteurs impliqués.

Processus	Activités	Centrale / Support	Organisationnelle /Médicale	Acteurs impliqués dans la réalisation du processus
Gérer les ressources humaines	Affecter les ressources humaines	Centrale Support	Organisationnelle	DIM, Directeur, Médecin coordonnateur, cadre de santé, IDE, Pharmacien, famille, patient
	Recruter les ressources humaines	Support	Organisationnelle	
	Formation des ressources humaines	Support	Organisationnelle	
Admission patient	Définir le Projet Thérapeutique	Support	Médicale	DIM, Directeur, Médecin coordonnateur, Médecin hospitalier, Médecin traitant, cadre de santé, IDEL, Pharmacien, famille, patient, psychologue, assistante sociale
	Décider la planification	Centrale	Organisationnelle & Médicale	DIM, Directeur, Médecin coordonnateur, Médecin hospitalier, Médecin traitant, cadre de santé, IDE, IDEL, Pharmacien, famille, patient, psychologue, assistante sociale

	Définir besoin humains	Support	Organisationnelle & Médicale	DIM, Directeur, Médecin coordonnateur, Médecin hospitalier, Médecin traitant, cadre de santé, IDE, IDEL, famille, patient, assistante sociale
	Définir Besoin Matériels	Support	Organisationnelle & Médicale	DIM, Directeur, Médecin coordonnateur, Médecin hospitalier, Médecin traitant, cadre de santé, IDE, IDEL, Pharmacien, famille, patient, assistante sociale, secrétaire
	Définir Besoins Consommation médicaments	Support	Organisationnelle & Médicale	DIM, Directeur, Médecin coordonnateur, Médecin hospitalier, Médecin traitant, cadre de santé, IDE, IDEL, Pharmacien, patient
Suivi du patient	Réaliser les visites périodiques	Support	Organisationnelle & Médicale	Directeur, Médecin coordonnateur, Médecin hospitalier, Médecin traitant, cadre de santé, IDE, IDEL, patient, famille, assistance sociale
	Réaliser le projet thérapeutique	Centrale	Médicale	Médecin coordonnateur, Médecin hospitalier, Médecin traitant, cadre de santé, IDE, IDEL, Pharmacien, famille, patient, assistante sociale
	Contrôler et Modifier le projet thérapeutique	Centrale	Médicale	DIM, Médecin coordonnateur, Médecin hospitalier, Médecin traitant, cadre de santé, IDE, IDEL, Pharmacien, famille, patient, assistante sociale, secrétaire, psychologue
	Evaluer les écarts réel / planning	Support	Organisationnelle & Médicale	Médecin coordonnateur, Médecin traitant, cadre de santé, IDE, IDEL, famille, patient
	Codification	Support	Organisationnelle & Médicale	DIM, Directeur, Médecin coordonnateur, cadre de santé, IDE, IDEL, assistante sociale, secrétaire

sortie du patient	Fin de l'hospitalisation à domicile	Centrale	Organisationnelle & Médicale	DIM, Directeur, Médecin coordonnateur, Médecin hospitalier, Médecin traitant, cadre de santé, IDE, IDEL, aide-soignant, secrétaire, Pharmacien, famille, patient, assistante sociale, psychologue
	Orienter vers d'autres modes de prise en charge	Centrale	Médicale	Directeur, Médecin coordonnateur, Médecin hospitalier, Médecin traitant, cadre de santé, IDE, IDEL, aide-soignant, famille, patient, assistante sociale, psychologue
Gérer ressources matérielles et consom-mables	Gérer les stocks d'équipement	Support	Organisationnelle & Médicale	Directeur, Médecin coordonnateur, cadre de santé, IDE, IDEL, Pharmacien, famille, patient, service logistique, prestataire
	Livrer les médicaments au patient (chimio)	Support	Organisationnelle & Médicale	Cadre de santé, IDE, IDEL, secrétaire, Pharmacien, famille, service logistique
	Livrer le matériel (dispositifs médicaux et gros matériel) au patient	Support	Organisationnelle & Médicale	Directeur, Médecin coordonnateur, Médecin traitant, cadre de santé, IDE, IDEL, secrétaire, pharmacien, famille, patient, service logistique, prestataire

Tableau 5. Processus identifiés, activités, types d'activités (support et/ou centrale), nature (organisationnelle ou médicale), acteurs impliqués.

A travers cette synthèse nous avons mis en évidence la répartition des activités qui constituent chaque processus, ainsi que les acteurs contribuant à la réalisation de chacune. Nous concluons donc qu'un nombre important de processus constituent la gestion des activités et des ressources humaines en HAD. Les acteurs impliqués dans chaque processus quant à eux semblent nombreux. L'énumération des processus, des activités qui les constituent et les acteurs impliqués dans la réalisation de chaque activité, nous pousse à poser la question sur les collaborations entre les différents acteurs. Cela constitue le sujet de la section suivante.

3.2 Classification des acteurs dans la réalisation des processus

Dans cette partie nous décrivons l'importance du rôle des acteurs de la prise en charge. Nous qualifions de « acteurs principaux » les acteurs directement concernés pour la réalisation des activités du processus. Cependant, les « acteurs secondaires » sont ceux qui possèdent un rôle complémentaire aux acteurs principaux. Ils sont parfois consultés ou participent indirectement à la réalisation des activités constituant le processus concerné. Le tableau 6 représente une classification des rôles des acteurs pour la réalisation des processus.

	Acteurs principaux	**Acteurs secondaires**
Processus gérer les ressources humaines	Directeur, Médecin coordonnateur, Cadre de santé.	DIM, IDE, Pharmacien, famille, patient
Processus admission du patient	Cadre de santé, Médecin coordonnateur.	DIM, Directeur, Médecin hospitalier, Médecin traitant, IDEL, Pharmacien, famille, patient, psychologue, assistante sociale
Processus suivit et sortie du patient	Médecin coordonnateur, IDE IDEL.	DIM, Médecin hospitalier, Médecin traitant, cadre de santé, Pharmacien, famille, patient, assistante sociale, secrétaire, psychologue
Processus gérer les ressources matérielles et consommables	service logistique, IDE, IDEL, Prestataire.	Directeur, Médecin coordonnateur, Médecin traitant, cadre de santé, IDE, IDEL, secrétaire, pharmacien, famille, patient,

Tableau 6. Classification des rôles des acteurs pour la réalisation des processus

Nous avons remarqué que les IDE (Infirmiers Diplômés d'Etat) et les IDEL (Infirmiers Diplômés d'Etat Libéraux) peuvent être des acteurs principaux ou secondaires pour le processus de gestion des ressources humaines. Cela dépend du mode de gestion des ressources matérielles. La gestion des ressources matérielles peut dans les petites structures être assurée par les IDE et les IDEL, tandis que dans les structures de grande taille cette mission est confiée principalement au service logistique.

3.3 Classification des modèles de prise en charge en HAD en fonction de la mobilisation des ressources

L'étude de terrain réalisée par (Zhang et al, 2012) a abouti à une classification pour les systèmes de prise en charge de la chimiothérapie à domicile. Cette classification se base sur le niveau d'intégration des ressources utilisées pour la réalisation de la chimiothérapie à domicile. (Zhang et al, 2012) ont mentionné que les structures de pilotage ont le choix d'internaliser ou d'externaliser la réalisation d'un ensemble d'activités de la chimiothérapie à domicile. Les trois classes identifiées sont les suivantes :

- **Modèle non-intégré** : les principaux acteurs de prise en charge sont quasiment tous externes à la structure de pilotage.
- **Modèle semi-intégré** : certaines activités majeures sont réalisées par des personnels salariés de la structure de pilotage, d'autres sont sous-traitées.
- **Modèle quasi-intégré** : presque toutes les ressources humaines mobilisées, à part le médecin traitant et dans très peu de cas l'infirmier de soins, sont des personnels hospitaliers, et sont donc considérées comme internes.

A travers l'étude de fonctionnement que nous avons réalisée dans le cadre du projet OSAD, nous pensons que cette classification ne se limite pas à la chimiothérapie à domicile et reste valable pour les autres modes de prises en charge à domicile.

Conclusion

Un système de soins se décompose en une multitude de types d'établissements et d'un ensemble important d'instances décisionnelles. L'organisation et l'amélioration du fonctionnement des systèmes de soins à tous les niveaux de décisions se fait à travers une multitude d'acteurs de prise en charge. Les acteurs impliqués dans une prise en charge se divisent sur les différents niveaux de décisions, est-ce du niveau stratégique au niveau opérationnel. Les décisions d'ordre stratégique sont des décisions qui visent à coordonner et à instrumenter les différents modes de fonctionnement de l'ensemble des systèmes de santé. Les décisions prises à ce niveau concernent le système de santé dans sa globalité. Par ailleurs, le nombre d'organisations ou de personnes concernées par les décisions diminuent en se rapprochant des niveaux de décisions les plus opérationnels, contrairement à cela, le nombre des personnes participants à la prise de décisions augmente.

La politique de santé Française se base sur un important réseau d'établissements et de professions de la santé. L'offre de soins à ce niveau est constituée du secteur hospitalier et de la médecine de ville ou la médecine libérale (secteur de soins ambulatoire). Les principaux enjeux de cette politique sont, la réduction du nombre de lits hospitaliers, l'amélioration de l'accès aux soins sur l'ensemble du territoire et l'augmentation de la demande d'hospitalisation. Par conséquence, l'hospitalisation hors les murs de l'hôpital sans hébergement des patients est apparue en tant qu'alternative à l'hospitalisation traditionnelle. Cette alternative se divise en différentes échelles, qui diffèrent les unes des autres suivant l'intensité des actes, nous citons comme exemple, le maintien à domicile (MAD), les soins à domicile (SAD), l'hospitalisation à domicile (HAD).

Le mode de prise en charge par l'hospitalisation à domicile (HAD) a pris de plus en plus une place importante au niveau du système de santé en France. L'intérêt de ce mode de prise en charge est de répondre aux problèmes de taux d'occupation des lits hospitaliers et le déficit élevé de la sécurité sociale. Les travaux portant sur ce mode de prise en charge, ne cessent de se développer, intégrant des domaines variés (organisation, statistiques, économie, système d'information, etc.).

Dans ce cadre du développement de l'HAD en France et plus précisément au niveau de la région Rhône alpes. Les autorités de la région ont financé le projet « Organisation des Soins A Domicile ». L'objectif général de ce projet est d'étudier l'organisation, le fonctionnement, et

la gestion des activités réalisées en HAD afin de proposer des démarches d'amélioration de la qualité de la prise en charge des patients, des conditions de travail des professionnels ainsi que l'amélioration de l'efficience d'utilisation des ressources. Les travaux menés dans ce projet concernent des niveaux de décisions très fins, ce qui permettra une meilleure structuration des établissements d'HAD, et par conséquence une meilleure organisation interne de ces structures. Nous avons présenté au niveau de ce chapitre, un ensemble d'éléments concernant le fonctionnement des structures du Rhône alpes.

A travers ce chapitre nous avons pu collecter et synthétiser d'importantes informations sur le développement, l'organisation et les modes de fonctionnement des établissements d'HAD, ainsi que son environnement et de cerner un ensemble de problématiques de recherche sur l'organisation des structures d'HAD.

Notre problématique de recherche concerne des problématiques d'aide à la décision pour la gestion des activités des ressources humaines en HAD. Dans la suite, nous allons aborder cette problématique décisionnelle de planification et d'ordonnancement, tout en considérons l'ensemble des contraintes liées soignants, aux patients et aux soins. Nous abordons au niveau du chapitre 2, les différents éléments concernant la gestion des activités en HAD.

CHAPITRE 2

GESTION ET PLANIFICATION DES ACTIVITES DE SOINS EN HOSPITALISATION A DOMICILE (HAD)

Chapitre II. GESTION ET PLANIFICATION DES ACTIVITES EN HOSPITALISATION A DOMICILE (HAD)

Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté le système de production de soins en France et le rôle joué par la HAD. Puis nous nous sommes attardés sur l'HAD, son historique, son positionnement, son développement ainsi que ses modes de fonctionnement. Ceci nous a permis de mettre en évidence les difficultés organisationnelles, liées aux spécificités de l'HAD en termes de décisions médico-logistiques, de diversité pathologiques de patients pris en charge, de la diversité en termes d'emploi de ressources humaines libérales et salariales, des ressources matérielles internes et externes, etc.

Ce chapitre est structuré en deux parties : dans la première nous présentons le modèle de prise en charge en HAD, les déterminants de la prise de décision en HAD, enfin, nous caractérisons les ressources impliquées dans ces prises de décision, avant de nous recentrer sur le cœur du sujet de thèse portant sur la planification des ressources en HAD. La seconde partie est une revue de la littérature concernant les travaux réalisés sur la problématique de gestion et de planification des ressources (matérielles et humaines) en HAD. Nous concluons en proposant une classification des problématiques de planification des ressources humaines.

1 Modèle de prise en charge en HAD

Dans cette partie nous présentons les deux composantes de la prise en charge d'un patient en HAD, à savoir (i) le « projet thérapeutique » qui est utilisé pour des fins plutôt thérapeutiques et (ii) le « projet d'activité ».

1.1 Le projet thérapeutique

Le projet thérapeutique a été défini dans l'article 3.3.1 de la circulaire du 30 mai 2000 comme un projet qui représente une formalisation de l'ensemble des soins cliniques, psychologiques et sociaux que l'état du patient nécessite. Ce projet est basé sur les protocoles de soins. Pour cela, ce projet n'est utilisé que pour des fins thérapeutiques mais pas organisationnels. La circulaire impose à tout établissement d'HAD une élaboration d'un projet thérapeutique pour le patient avant même son admission. L'élaboration d'un tel projet implique une multitude d'acteurs de prise en charge, internes à l'établissement d'HAD, tels que le médecin coordonnateur en collaboration avec l'équipe soignante, ou acteurs externes tels que le médecin traitant du patient, le psychologue et la famille.

En effet, le projet thérapeutique concerne le patient en particulier. Cependant, l'état du patient évolue au fur et à mesure de sa prise en charge en HAD, cela conduit à adapter son projet thérapeutique. Pour cela, (Chahed et al, 2008) ont précisé que la conception du projet thérapeutique devrait être continue et collaborative impliquant les différents professionnels de santé, tout le long de l'hospitalisation à domicile du patient.

Dans une autre étude basée sur des enquêtes avec des professionnels de l'HAD, (Chahed et al, 2006) ont signalé deux problématiques majeures liées au projet thérapeutique :

(1) Problèmes liés au concept même de « projet thérapeutique ». Selon les professionnels de l'HAD, le périmètre de ce dernier n'est pas clairement défini. Cela se traduit par un manque d'indication sur l'interface entre les décisions thérapeutiques et organisationnelles, d'une part, et d'autre part le manque de connaissance sur les types d'informations intéressant un autre organisme de soins.

(2) Problèmes liés à la mise en pratique. Cela se traduit d'une part, par le manque de formalisation claire du projet thérapeutique, et d'autre part l'absence d'informations de

type organisationnelles entre les professionnels. Cependant, le processus d'HAD nécessite la prise en compte d'informations de types organisationnels.

1.2 Le projet d'activités

Selon (Chahed et al, 2008), le projet d'activité structure l'ensemble des informations relatives aux trois fonctions majeures d'un établissement d'HAD, à savoir :

(1) La production des soins.

(2) La gestion des opérations (informations de type organisationnelles).

(3) Le pilotage stratégique (la définition des objectifs, l'identification des contraintes liées à l'évolution générale de l'établissement et le contrôle des coûts).

Le projet d'activités est donc un concept plus large que le projet thérapeutique, vu qu'il intègre l'ensemble des informations non seulement thérapeutiques, mais aussi organisationnelles. Cependant, le projet d'activités peut contenir d'autres types d'informations qui peuvent servir les tutelles ou d'autres organismes. En effet, le projet d'activité sert de base à la fois aux activités de production de soins et aux activités de gestion des opérations, tel que présenté dans la Figure 3. (Chahed et al, 2008) ont présenté en détail les liens entre le projet d'activité, la production de soins, la gestion des opérations et le pilotage stratégique.

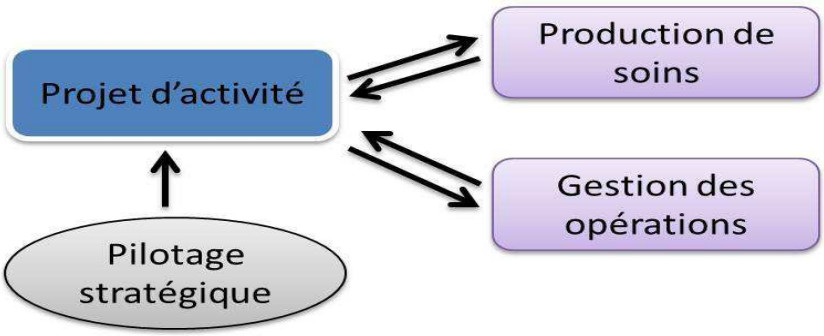


Figure 3. Interaction entre projet d'activités et les principales fonctions de l'HAD (Chahed et al, 2008).

Le but majeur du projet d'activité, est d'assurer la continuité des soins. Les informations assurant cela sont celles liées au parcours du patient, précisément celles relatives aux trois étapes, (i) pré-HAD, (ii) HAD et (iii) post-HAD. Cet ensemble d'information permet

d'assurer un lien entre l'hospitalisation à domicile et les établissements de prise en charge pour le pré et le post HAD. Par ailleurs, le projet d'activité permet aussi une coordination entre les différents acteurs de la prise en charge du patient, c'est-à-dire une coordination au sein de l'équipe multidisciplinaire intervenant dans la réalisation du projet thérapeutique du patient.

En conclusion, les projets thérapeutiques et les projets d'activités sont complémentaires l'un avec l'autre, dont chacun spécifie un type de besoins qui sont indispensables pour la prise en charge du patient en HAD.

2 Les décisions organisationnelles en HAD

2.1 Types de décisions en HAD

L'admission d'un patient en HAD se fait suite à une décision du médecin coordonnateur de l'établissement. Cette décision se base sur une prescription du médecin hospitalier et/ou du médecin traitant. Un projet thérapeutique est construit à l'admission du patient, ce projet contient une formalisation des soins cliniques, psychologiques et sociaux nécessaires pour la prise en charge du patient, en détaillant les types et la fréquence de l'ensemble des interventions. En effet, le projet thérapeutique est élaboré en collaboration entre l'équipe soignante de la structure d'HAD et le médecin traitant. Le projet thérapeutique peut être mis à jour au fur et à mesure de la prise en charge en fonction de l'évolution de l'état clinique du patient. Tout au long de ce processus de prise en charge, le médecin traitant joue un rôle important, il collabore avec le médecin coordonnateur de la structure d'HAD, pour une éventuelle adaptation des soins et du traitement du patient. Les problématiques de l'HAD se partagent en deux classes, à savoir des problématiques de type « cœur du métier de soins » et celles de type « organisation de la prise en charge » qui s'articulent autour de deux classes de prises de décision :

- Des décisions concernant la réalisation des soins du patient, liées au cœur de métier du soin, et concernent des précisions sur les pratiques permettant de réaliser le projet thérapeutique du patient.

- Des décisions organisationnelles concernant l'organisation des activités de logistiques humaines et matérielles, autrement dit, des décisions de type gestion des opérations.

Dans la suite de ce chapitre, nous nous concentrerons sur les problématiques de décision de type organisationnel.

2.2 Les différents niveaux décisionnels

Les deux classes de décisions citées précédemment sont interdépendantes. Selon (Bashir et al, 2012) les décisions organisationnelles se répartissent en trois niveaux décisionnels hétérogènes.

(1) Au niveau stratégique : il concerne les décisions à long terme. Il définit des décisions prises par les dirigeants de l'établissement. Ces décisions permettent de définir les objectifs de l'établissement d'HAD. Ces dernières concernent les fonctions liées à la définition de la stratégie, et au mesure et analyse de la performance. Selon (B Bachouch et al, 2010). Les plans stratégiques comprennent, la planification à long terme de la chaîne logistique hospitalière, les stratégies de partenariat à envisager, le dimensionnement budgétaire de l'HAD, etc. Ces plans stratégiques sont généralement définis par le directeur de la structure d'HAD, le médecin coordonnateur et le cadre de santé.

(2) Au niveau tactique : il représente l'ensemble des décisions prises par les cadres intermédiaires pour mettre en place les décisions de la direction. Il s'agit de planifier et de diriger sur une échelle intermédiaire les stratégies dictées par les hautes administrations. Selon (Chahed et al, 2008), le plan tactique en HAD concerne la planification et le management de la demande, la planification selon des contraintes, le pilotage des flux, la gestion globale des stocks, etc.

(3) Au niveau opérationnel : il concerne l'ensemble des décisions relatives à la réalisation des activités par le personnel. C'est à ce niveau que l'ensemble des acteurs de la structure d'HAD interagissent pour atteindre les objectifs définis dans le niveau tactique. En d'autres termes, le niveau opérationnel correspond à la planification et l'ordonnancement des activités de soins, à la gestion des stocks, à la planification détaillée des visites de soins, etc.

La Figure 4 résume l'interdépendance entre les trois niveaux de décision, les décisions à prendre ainsi que les questions trouvées dans la littérature sur l'HAD (Benzarti et al, 2010), et auxquelles il faut répondre à chaque niveau.

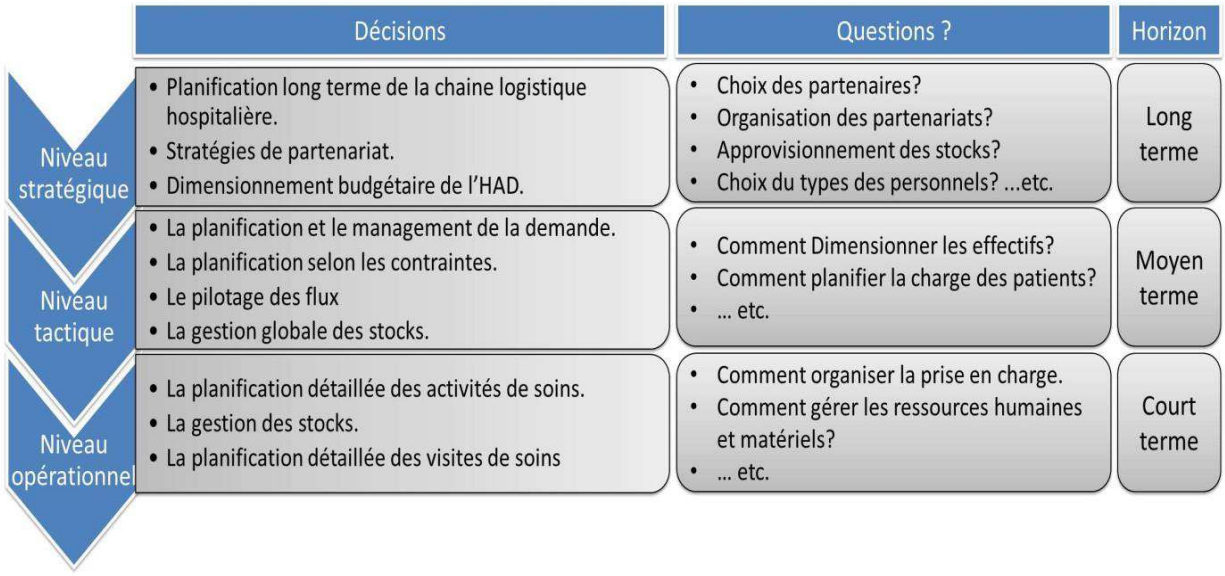


Figure 4. Interdépendance entre niveaux de décision.

2.3 Impact du type de recrutement des ressources humaines sur les types l'organisation et la prise de décisions

Les structures d'HAD sont des systèmes de production de soins dont la caractéristique principale est de s'appuyer uniquement sur des ressources humaines pour réaliser leurs missions. Ainsi, le choix du mode de recrutement des ressources humaines (i.e., salariées ou/et libérales), impacte sur leur organisation et sur les décisions organisationnelles. Nous citons par exemple, le modèle de prise en charge adopté par l'établissement, i.e. « non-intégré », « semi-intégré » ou « quasi-intégré » (section 3. du chapitre 1). Nous avons observé que les établissements utilisant des modèles de types « intégré », « semi-intégré », sont souvent des établissements attachés à des structures d'hospitalisation, ce qui leur permet d'utiliser les différents services de la structure d'hospitalisation, tels que la PUI (Pharmacie à Usage Interne), le personnel soignant, etc. Ces structures sont faces à des problématiques d'affectation des personnels (internes) aux différents tâches de l'établissement, de planification et d'ordonnancement des tournées du personnel soignant, toute en satisfaisant les différents acteurs de prise en charge…. En revanche, les établissements utilisant un modèle non-intégré, sont face à des problématiques de dimensionnement de ressources, des personnels soignants, d'établissement des conventions avec les officines libérales.

3 Les ressources mobilisées en HAD

Une hospitalisation à domicile fait intervenir un nombre important de ressources humaines et matérielles. Nous faisons dans cette partie, une description des différentes ressources et de leurs missions.

3.1 Description des activités des ressources humaines

Les ressources humaines en HAD se divisent en trois catégories d'acteurs, à savoir, le personnel administratif, logistique et le personnel médical et paramédical. Ces ressources sont caractérisées par leurs compétences et leur pluridisciplinarité. Pour les présenter nous nous basons sur les retours d'enquêtes réalisées dans le cadre du projet OSAD.

3.1.1 Activités du personnel administratif

Comme toute structure, un établissement d'HAD possède son propre panel de tâches administratives. Ces tâches ne sont pas directement liées à la mise en place du projet thérapeutique, mais elles permettent le bon fonctionnement et la mise en place de ce dernier. Les principales fonctions administratives d'une structure d'HAD sont :

- mise à jour du dossier administratif du patient ;
- gestion des appels téléphoniques ;
- gestion de la facturation et de la T2A ;
- gestion des IDELs (Infirmiers Diplômés d'Etat Libéraux) en particulier, établissement des conventions et des contrats, définition des lettres de mission (ces contrats définissent le nombre de visites, les patients à visiter …etc.) ;
- gestion du contact avec les prestataires externes ;
- gestion des relations avec les établissements hospitaliers.

La gestion du personnel administratif ne diffère pas réellement d'un établissement à l'autre du fait des contraintes réglementaires liées à cette activité. L'organisation évoluera uniquement en fonction de la taille de l'établissement sous l'effet de la charge de travail et le besoin d'une utilisation efficiente des ressources.

3.1.2 Activités du personnel logistique

Le personnel logistique gère les flux de matériels (petit et grand) de la structure d'HAD. Le but de cette gestion est d'assurer les besoins en matériels liés au projet thérapeutique. Cette fonction est assurée principalement par les IDEs, les IDELs, des livreurs salariés de la structure, des prestataires, les pharmaciens ou même par la famille du patient, et diffère d'une structure à l'autre selon la taille de ces dernières.

Les missions de la fonction logistique sont notamment :

- définition des besoins du patient en termes de matériels, consommables et médicaments, lors de son entrée en HAD ;
- réalisation des livraisons des premiers besoins nécessaires à l'installation du patient lors de son entrée en HAD. Cette phase contient souvent des livraisons de gros matériels, tels que le lit, les bouteilles d'oxygène, etc. ;
- réalisation des commandes et livraisons de matériel lors des mises à jour des demandes ou même lors des demandes urgentes ;
- gestion des stocks de consommables, de médicaments et de matériels de l'établissement ;
- évaluation des besoins de la structure en fonction des changements de la demande en soins au niveau de la structure.

Après une analyse des établissements de la région Rhône-Alpes, trois modèles de gestion de la logistique sont mis en évidence. Ces modèles sont liés principalement à la taille des structures mesurée par le nombre de séjours. Une structure de petite taille, i.e. avec un nombre de séjours relativement petit, fait appel pour la gestion de la logistique aux IDE et le personnel de la structure ou les IDEL. Les structures de taille moyenne recrutent souvent un logisticien pour la gestion du stock, les livraisons sont assurée également par les IDE ou les IDEL. Finalement, la gestion de la logistique dans les grandes structures s'avère compliquée et pour cela elle est confiée aux pharmaciens, des logisticiens, livreurs, prestataires ainsi que l'équipe soignante. Nous résumons dans le tableau 7 les différents modèles de gestion de la logistique avec des exemples de structures.

Model	Acteurs de gestion de la logistique	Exemple de structure
Structures de petite taille	Livraison assurée par les IDE et le personnel de la structure, ou les IDELs	HAD du centre hospitalier de Roanne
Structures de taille moyenne	Un logisticien pour la gestion du stock de la structure et les livraisons	HAD EOVI Services et soins (Drôme)
Structures de grande taille	La logistique assurée par : des pharmaciens, des logisticiens, livreurs, prestataires, l'équipe soignante.	HAD Soins et santé (Lyon)

Tableau 7. Modèles de gestion de la logistique dans la région Rhône-Alpes.

3.1.3 Activités du personnel médical et paramédical

La mise en place des activités en HAD, nécessite un nombre important de personnels de différentes disciplines, autant sur le plan logistique que médical et paramédical. Ces équipes sont composées principalement de médecin(s) coordonnateur(s) (responsable de l'ensemble des décisions relatives à la prise en charge du patient en HAD), de l'infirmier responsable (responsable de la coordination de la prise en charge des patients), des cadres de santé, des IDE et des IDEL.

Dans cette partie nous nous concentrons sur les principales activités de l'équipe médicale et paramédicale, et cela au niveau de chaque étape de la prise en charge. Nous avons décomposé cette dernière en quatre phases, (i) la phase de préparation de la prise en charge, (ii) la visite d'entrée, (iii) la phase de prise en charge, (iv) la fin de prise en charge.

3.1.3.1 Phase préparation de la prise en charge

Lors de la demande d'admission, l'établissement d'HAD étudie la faisabilité de la prise en charge du patient. Une visite est planifiée, afin d'évaluer l'état du patient ainsi que son environnement. L'évaluation est réalisée par les responsables de l'établissement d'HAD (médecin coordonnateur ou infirmière responsable), en collaboration avec l'assistante sociale ainsi que le médecin traitant du patient. La décision finale d'admission est prise après un travail de recueil des informations médicales et paramédicales du patient. Cette décision est ensuite transmise au médecin traitant en tant qu'acteur principal de l'HAD du patient. Afin de bien conduire la prise en charge, une évaluation des besoins du patient en soins ainsi qu'en ressources (humaines et matérielles) est nécessaire. Cette étape est suivie par la

préparation de l'environnement du patient, d'une part en formant la famille à son rôle d'accompagnement, et d'autre part en livrant l'ensemble des premiers besoins, y compris des médicaments. Enfin, une évaluation des besoins en personnels paramédicaux libéraux est faite et des contacts sont établis avec eux. Les principales étapes des activités du personnel médical et paramédical sont :

- étude et évaluation de la faisabilité de la prise en charge du patient ;
- visite du patient et recueils des informations médicales et paramédicales du patient ;
- collaboration avec le médecin traitant du patient ;
- finalisation du dossier de demande de prise en charge ;
- prise de décision de la prise en charge ;
- dimensionnement de ressources (humaines et matérielles) nécessaires pour la prise en charge du patient ;
- préparation de l'environnement du patient et formation de sa famille ;
- évaluation des besoins en personnels paramédicaux libéraux.

3.1.3.2 La visite d'entrée

Les visites d'entrée sont généralement réalisées par le personnel soignant (IDEs, IDEL, etc.). Un dossier de chevet est constitué lors de cette visite, quelques médicaments et matériels nécessaires pour la réalisation des soins sont également livrés. Cette visite permet également d'informer le patient et son entourage du déroulement de la prise en charge et de la programmation des soins. En fin de cette visite, le patient est finalement installé pour le début des soins à domicile. Les activités de cette étape sont :

- Installation du patient et préparation de son dossier chevet ;
- Livraison du matériel et consommables complémentaires ;
- Information sur la prise en charge en HAD au patient et à son entourage ;
- Information du patient sur la programmation des soins.

3.1.3.3 Phase de prise en charge

Cette phase consiste principalement en la mise en place du projet de soins du patient. Avant la première visite, les soignants réalisent un bilan des soins du patient. Le projet thérapeutique du patient est mis à jour au fur et à mesure de sa prise en charge. À l'issue de la visite, le soignant signale les mises à jour sur le projet thérapeutique du patient, ainsi que les nouveaux besoins en ressources matérielles. Dans le cas d'une demande de visite urgente, l'établissement d'HAD fait appel aux soignants habituellement chargés du patient (IDEL, IDE ou médecin coordonnateur). Nous résumons les activités du personnel médical et paramédical dans les points suivants :

- Etablissement du bilan et les mises à jour réalisées pendant les visites de soins précédentes ;
- Réévaluation de l'environnement du patient ;
- Réalisation des visites du patient (programmées et urgentes) ;
- Mise à jour du projet thérapeutique, la programmation des soins et le dossier chevet du patient ;
- Mise à jour des besoins en médicaments et matériels pour les prochaines visites ;
- Signalisation de toutes complications sur l'état de santé du patient ;
- Information de la famille et le patient d'éventuels changements sur l'état ou le programme de soins du patient ;

3.1.3.4 Fin de prise en charge

La date de fin de prise en charge est déterminée à priori par la fin du projet thérapeutique, mais dans de nombreux cas comme les traitements palliatifs ou la ré-hospitalisation du patient, celle-ci reste inconnue. C'est le personnel soignant qui réalise, (i) la visite de sortie, (ii) rédige le compte rendu final de la prise en charge, et (iii) établit la feuille de sortie ou de ré-hospitalisation. Une grande partie de logistique inverse est réalisée après la fin de la prise en charge, elle concerne principalement la récupération du (gros et petit) matériels livrés à l'entrée du patient, des déchets, etc. Nous résumons dans la suite les activités du personnel médical et paramédical dans la phase de fin de prise en charge :

- Réalisation de la visite de sortie, durant laquelle les soignants établissent le compte rendu et les fiches de sorties ou de ré-hospitalisation ;
- Participation à la récupération des consommables, les médicaments, les dossiers, etc. ;
- Démédicaliser le domicile du patient.

La gestion des activités médicales et paramédicales dans les structures d'HAD de la région Rhône-Alpes se base sur les trois modèles présentés dans la section 3.3 du chapitre 1, i.e. le modèle non-intégré, semi-intégré et quasi-intégré. Ces modèles sont liés principalement à la taille de la structure, ainsi que d'autres facteurs, tels que, son attachement à une structure d'hospitalisation ou pas, son positionnement géographique, etc. La gestion des activités médicales et paramédicales au niveau des structures de petite taille, appartenant à une structure d'hospitalisation utilisent le plus souvent le modèle quasi-intégré, est ce en utilisant du personnel de la structure d'attachement pour l'HAD (ex. la HAD de Roanne). Ce modèle quasi-intégré est également adopté par un grand nombre de structures de petite tailles indépendantes. Les structures de taille moyenne utilisent le plus souvent le modèle semi-intégré, et ce, en faisant appel au libéraux pour accomplir la demande supplémentaire en soins (ex. la HAD GCS Santé A Dom de Saint Etienne). Ces structures sont confrontées à la problématique de disponibilité des libéraux ainsi que le refus de ces derniers de réaliser certaines activités de soins. Par ailleurs, les structures de grande taille se base principalement sur un modèle non-intégré en utilisant uniquement un personnel médical et paramédical externe (ex. la HAD soins et santé de Lyon). En revanche, certaines structures de grande taille choisissent l'utilisation du modèle semi-intégré, en utilisant des externes pour la réalisation des activités médicales et paramédicales, avec l'accompagnement de personnels internes pour la réalisation de certains tâches (ex. la HAD Léon Bérard de Lyon). L'ensemble des structures de régions, sont en phase de réflexion sur l'internalisation ou l'externalisation des ressources médicales et paramédicales, i.e. étude de la pertinence de l'un des modèles de prise en charge.

3.2 Gestion des ressources matérielles

Les ressources matérielles dans une HAD sont principalement des consommables et non consommables. La gestion des ressources matérielles en HAD diffère d'une structure à

l'autre, suivant nombre de patients traités, dotation ou pas d'une PUI, utilisation ou pas de livreur, etc.

Les ressources matérielles consommables se composent des médicaments et des dispositifs à utilisation limitée. Ce type de ressources est caractérisé par une grande fréquence de livraison. Selon (B Bachouch et al, 2010), la gestion de la livraison des consommables est principalement influencée par la dotation ou pas de la structure d'HAD d'une PUI ou d'une petite pharmacie interne.

(1) Les modes de gestion, dans le cas d'une structure disposant d'une PUI : l'HAD doit gérer l'ensemble des ressources relatives à la PUI. Cette gestion concerne donc, la gestion des stocks en consommables et en médicaments et la gestion des livraisons aux patients en fonction des entrées, des changements de prescriptions et des prescriptions urgentes.

(2) Dans le cas contraire : L'HAD possèdent toujours un stock interne de sécurité. La gestion est assurée en interne également (IDE ou logisticien). La structure d'HAD garde à disposition les ressources matérielles nécessaires pour constituer la livraison d'entrée pour les patients, ainsi que les ressources matérielles nécessaires en cas d'urgence. Pour les médicaments intra-hospitaliers, les structures s'adressent à l'hôpital et restituent ensuite les médicaments empruntés. Ces structures peuvent faire appel à des pharmacies de ville, ainsi qu'à des prestataires externes pour assurer la gestion de leurs consommables.

Les ressources matérielles non consommables sont livrées au début de la prise en charge du patient. Il s'agit de l'ensemble des matériels (lits, chaise roulante, bouteilles d'oxygène, etc.) livrés et installés au domicile du patient du début jusqu'à la fin de sa prise en charge. La fréquence de livraison de ce type de matériels semble faible et ne nécessite pas une planification. Nous signalons également que les établissements d'HAD font souvent appel aux prestataires de service afin de louer ces matériels.

4 Planification des activités de soin en HAD

Dans la partie précédente nous avons présenté largement l'ensemble des activités réalisées par l'ensemble des acteurs de l'HAD afin de donner au lecteur une vision de la complexité des processus de gestion inhérent à la prise en charge à domicile. Dans cette partie, nous

nous recentrons sur ce qui fera le cœur de notre travail de thèse. Nous définissons le périmètre, les contraintes et les objectifs des problématiques de gestion et de planification des ressources humaines et matériels liées au processus de soin.

4.1 Caractéristiques de la planification des ressources humaines

Un patient en HAD, peut être défini par sa pathologie, sa localisation géographique, son degré de dépendance. Il peut également être visité pendant son hospitalisation, par une seule ou plusieurs ressources humaines. Ces dernières sont caractérisées par leur nature (médecin, infirmier, etc.), leurs compétences, leur localisation géographique (un critère lié plus tôt aux IDELs) et de leur type de contrat (salarié, libéral, temps plein, temps partiel).

La charge de travail des ressources humaines (traitement des patients) est d'une part, gérée par l'établissement d'HAD et d'autre part contrôlée par des textes de loi. La partie principale de cette charge de travail est dominée par la somme des temps de visites aux patients (Hertz et Lahrichi, 2006).

La plus grande part des problématiques de planification en HAD concernent des problématiques d'affectation et d'ordonnancement (Benzarti el al, 2010). Ces problématiques consistent en l'affectation des ressources humaines aux « patients » ou aux « activités de soins », et l'ordonnancement de ces « visites » ou « activités » tout en respectant un certain nombre de contraintes, de préférences et d'objectifs. Ces problématiques se situent au niveau de la décision opérationnelle. Cependant, elles dépendent fortement des décisions prises aux niveaux stratégique et tactique, tels que l'identification de la nature des ressources humaines requises, le découpage de la zone géographique desservie en sous-zones et l'affectation des ressources à ces dernières, etc. Il est donc important que l'établissement d'HAD définisse clairement sa stratégie afin d'aboutir à une organisation plus fine, au niveau opérationnel.

L'interrelation entre affectation et ordonnancement questionne sur le choix d'une résolution conjointe ou séparée. Par ailleurs, la question de l'ordonnancement interroge sur le point de vue qui sera privilégié. En effet, le modèle de résolution peut être centré sur le soignant, ce qui conduira à imposer (sous certaines conditions) un ordonnancement des activités pour le patient ou à contrario, centré sur le patient, qui imposera les tournées des professionnels.

4.1.1 Contraintes de planification

Nous constatons que le traitement des problématiques d'affectation et d'ordonnancement relève des questions sur les hypothèses prises en compte. Nous retrouvons dans la littérature plusieurs types d'hypothèses qui peuvent être considérés. Nous citons dans la suite deux types d'hypothèses qui nous semblent évoquées largement (Ernst et al, 2004) :

(i) Celles relatives à la demande, c'est-à-dire les incertitudes sur le nombre et les durées des demandes, ou les incertitudes sur le nombre de ressources pour exécuter les activités.

(ii) Celles relatives aux ressources humaines, elles concernent principalement les profils des ressources, le type de contrat ainsi que l'hypothèse de continuité de soins. La continuité des soins est définie par l'assurance d'une gamme de soins constante lors de la prise en charge ou lors du passage d'un mode de prise en charge à un autre, cela se fait par exemple par l'affectation des mêmes ressources pour la prise en charge du patient pendant sa prise en charge.

Nous retrouvons également dans la littérature relative aux problématiques d'affectation et d'ordonnancement en HAD, un panel important de contraintes et d'objectifs à optimiser. La Figure 5 synthétise les différents groupes de contraintes et d'objectifs.

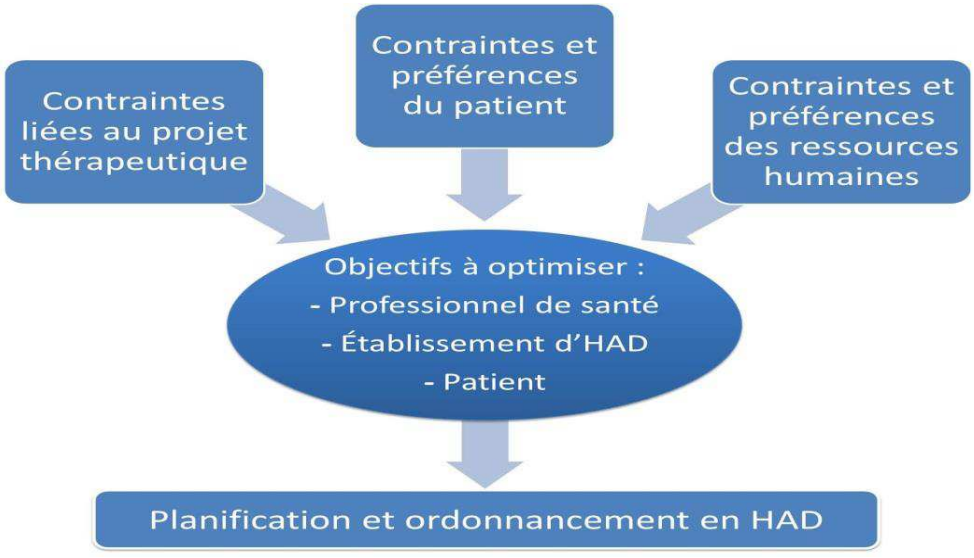


Figure 5. Différent groupes de contraintes et d'objectifs.

Les principales contraintes sont les suivantes :

- Contraintes relatives à la réalisation du projet thérapeutique.
  - Contraintes séquencement d'activités, cela veut dire que deux « visites » ou « activités » différentes pour un même patient doivent être séquencées, d'une façon à éviter les chevauchements. A noter que deux activités du projet thérapeutique ne se déroulent jamais de façon simultanée sur un même patient, éliminant de ce fait la problématique de synchronisation des activités. On distingue toutefois le cas des activités nécessitant plusieurs ressources.
  - Contraintes liées aux compétences des ressources réalisant les activités de soins.
  - Durées des activités.
- Contraintes relatives aux disponibilités des ressources humaines :
  - La durée de travail de chaque personnel.
  - La charge maximale de travail.
- Contraintes relatives aux patients :
  - Les disponibilités.
  - Préférences psychologiques (prise en charge par certains professionnels, etc.).
- Contraintes liées aux préférences des ressources humaines (patients à prendre en charge, zone d'intervention, vacation, etc.),

Les objectifs généralement optimisés lors du traitement d'une problématique d'affectation et d'ordonnancement en HAD sont les suivants.

- Professionnel de santé :
  - Équilibrer la charge de travail entre les différents professionnels.
  - Minimiser les durées de déplacements, les durées d'attentes avant de traiter un patient, etc.
  - Maximiser les préférences des professionnels, par exemple, maximiser le nombre de patients pris en charges, vacations, etc.

- Patient :
  - Minimiser le nombre de professionnels de santé impliqués dans la prise en charge.
  - Minimiser les temps d'attentes des patients entre les différentes visites de soins.
- Établissement d'HAD :
  - Minimiser les coûts engendrés par la réalisation des soins.
  - Minimiser du nombre d'IDEL, ou maximiser le nombre de soins réalisés par le personnel salarié IDE.

4.2 Caractéristiques de la planification des ressources matérielles

De nombreuses problématiques de planification des ressources matérielles se posent, elles concernent principalement : la fréquence des livraisons, la gestion des tournées de livraison et la coordination et la synchronisation entre les livraisons et les visites des soignants. La problématique d'une PUI est, pour de nombreux aspects, semblable à une gestion de stock dans l'industrie. Cependant, un grand manque de travaux sur la planification des livraisons, caractérise la littérature sur l'HAD.

Les principales contraintes prises en compte dans les travaux relatifs à la planification des ressources matérielles, ainsi que les objectifs optimisés sont :

- Contraintes liées aux matériels :
  - Validités des produits et consommables (médicaments, produits de la chimiothérapie, etc.). Contraintes relatives à la fréquence d'utilisation des matériels ou des produits (produits expirant après une petite durée après l'ouverture de la boite, etc.) ;
  - Contraintes de quantités et de localisation des stocks ;
  - Contraintes de coûts de produits.
- Contraintes liées aux patients et aux fournisseurs :
  - Quantités des stocks auprès de chaque patient ;
  - Localisation du patient ;
  - Natures des matériels à livrer pour chaque patient.

- Contraintes de synchronisation entre les ressources humaines et les matériels à livrer. Ces dernières permettent la livraison de matériels et de produits dans des laps de temps très bien précis (par exemple, les produits pour la chimiothérapie) ;
- Localisation du fournisseur, spécialisation et disponibilité de ressources matérielles auprès de ce dernier.

- D'autres contraintes liées aux disponibilités des ressources, du type et du nombre de véhicules de transport s'imposent également.

Les principaux objectifs optimisés dans les travaux de la littérature sont : la minimisation des coûts de transport et d'attente des livreurs, espaces (coûts) de stockage, la fréquence de passage des livreurs chez le patient, etc.

4.3 Caractéristiques de la planification des activités de soins

Le projet thérapeutique décrit une gamme de production de soins qui dans certain cas impose une relation d'ordre pour la réalisation des activités. Les interactions entre les activités entrainent des dépendances, alors considérées comme « activités dépendantes » (Chahed et al, 2008), (B. Bachouch et al, 2010). Nous détaillons dans la suite les différents types d'interactions qui peuvent exister ou coexister dans la réalisation des activités en HAD.

Nous distinguons deux niveaux de coordination (ou interactions) entre ressources dans les établissements d'HAD :

- Une coordination interne qui représente la relation entre les acteurs d'une même organisation ou d'un même service.

- Une coordination externe qui exprime la coordination entre les acteurs de l'établissement et l'ensemble des acteurs externes avec lesquels la structure collabore.

(Bertrand et de Vries, 2005) présentent une autre vision plus stratégique, dans laquelle ils distinguent deux niveaux de coordination (interactions) entre ressources hétérogènes :

- Coordination structurelle : il s'agit de la coordination entre l'offre et la demande au niveau tactique. Elle permet de spécifier le niveau de service cible, l'utilisation de ressource, les délais, etc. par exemple, l'élaboration du planning prévisionnel des

entrées/sorties des patients permet de prévoir les charges requises en ressources humaines.

- Coordination opérationnelle : elle se rapporte à la coordination entre la gestion et le suivi de la demande des patients et le pilotage des flux des ressources humaines et matérielles au niveau du court terme. Cette coordination permet de fournir la ressource adéquate au bon moment au patient qui en a besoin.

Pour nos travaux, nous nous intéresserons uniquement à la question de la coopération interne, qui peut se résumer aux :

- Interaction entre les activités ;
- Interaction entre ressources humaines ;
- Interaction entre ressources humaines et matérielles.

La section suivante présente les principaux critères de dépendance pour les trois types d'interaction.

4.3.1 Critères de dépendance entre activités

Les principaux critères de dépendances présentés sont issus des travaux d'enquête auprès de différentes structures d'HAD de la région Rhône-Alpes.

- Critères de chronologie :
  - Plusieurs activités de soins doivent être répétées durant le projet thérapeutique. La dépendance s'exprime alors par un délai inter-réalisation.
  - Certains patients nécessitent la réalisation de plusieurs activités de soins dans une même journée. Trois situations de dépendances temporelles peuvent se présenter :
    - Séquencement arbitraire des activités : Les activités de soins ne peuvent pas se chevaucher, ainsi, une activité ne peut commencer qu'après la fin de la précédente. Dans l'exemple présenté dans la Figure 6, nous considérons deux activités A et B, à réaliser pour un patient, dans ce cas de figure, l'activité B ne peut commencer qu'après la fin de réalisation de l'activité A (Situation 1), ou

l'inverse (Situation 2), dans ce cas l'ordre des activités de soins n'a pas d'importance.

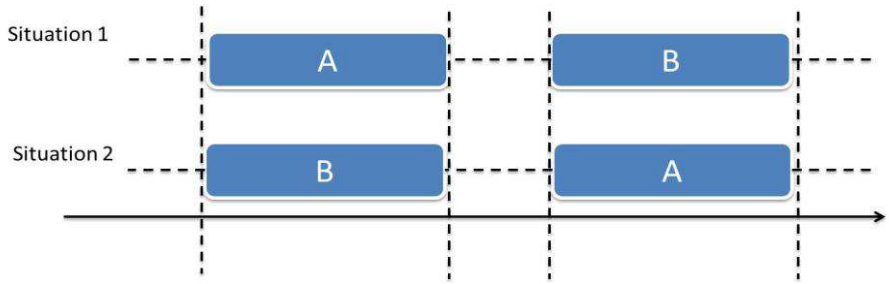


Figure 6. Séquencement arbitraire d'activités.

- Séquencement avec précédence des activités : Les activités de soins doivent respecter un séquencement imposé. Prenant l'exemple de deux activités A et B. L'exemple exprimé dans la Figure 7, exprime la situation où le projet thérapeutique impose un début de l'activité B avant A.

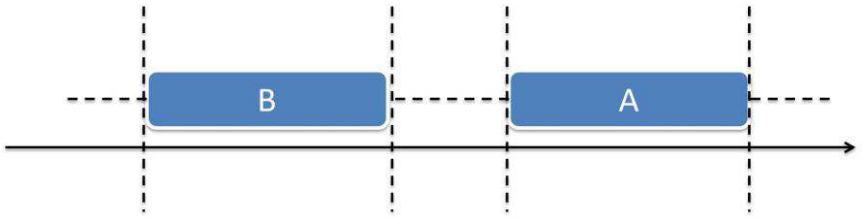


Figure 7. Séquencement avec précédence des activités (B→A)

- Critère de continuité des soins : Les patients hospitalisés à domicile profitent non seulement du confort familial lors de leur hospitalisation, mais aussi de la possibilité de choix du personnel qu'ils souhaitent (Woodward et al, 2004), (Smeenk et al, 2000), (Benzarti et al, 2010). Un patient peut donc être affecté à la ressource qu'il souhaite (tant que c'est possible) lors de sa prise en charge.

- Critères liés aux compétences de la ressource humaine : le projet thérapeutique du patient précise l'ensemble des activités à réaliser pour le patient, et la compétence de la ou des ressources requises.

4.3.2 Interaction des ressources humaines

Les interactions entre les ressources humaines s'expriment indirectement par les interactions entre les activités à réaliser, nous renvoyant au paragraphe précédent. Elles s'expriment

directement par la manière dont les ressources vont coopérer et se coordonner pour la réalisation des soins. Dans le terrain nous identifions trois modalités de coordination des acteurs, que nous résumons dans la suite :

- Approche centralisée et coordonnée : un seul responsable pour élaborer un planning regroupant les activités de l'ensemble des ressources humaines en prenant en considération les contraintes de séquencement, de synchronisation, de précédence imposées entre les activités.

- Approche décentralisée et non coordonnée : les professionnels de santé s'occupent de l'élaboration de leurs plannings indépendamment les uns des autres. Cette approche est caractérisée par l'absence de communication entre les professionnels de santé. Nous estimons dans ce cas que la planification est décentralisée et cause de l'absence d'une organisation globale des tournées. L'amélioration de la coordination dans ce type de planification se résume en l'utilisation de systèmes d'informations permettant de maintenir une traçabilité d'informations médicales et d'échanges entre les différents acteurs. Nous faisons référence dans ce cas aux travaux réalisés par (Zefouni et al, 2012).

- Approche décentralisée et coordonnée : les professionnels de santé élaborent leur planning individuellement, tout en maintenant une coordination et un partage d'informations entre eux, pour satisfaire les contraintes temporelles et éviter les conflits.

4.3.3 Interaction des ressources humaines et matérielles

La mise en œuvre du projet thérapeutique mobilise un ensemble de ressources humaines et matérielles qui induisent parfois une problématique de coordination et de synchronisation des tournées des ressources humaines et de disponibilité des ressources matérielles. Par conséquent, ce type de planification est soumis d'une part, aux règles et contraintes communes aux deux types de ressources, mais également à celles des patients.

Un exemple d'interaction entre les ressources humaines et matérielles est celui de la réalisation de la chimiothérapie à domicile. La complexité de la planification de l'activité d'administration de la cure tient d'une part du caractère périssable des produits qui doivent être administrés dans un délai court de quelques heures, et doivent être transportées dans des véhicules spécialisés. D'autre part, (Zhang et al, 2012) ont montré que les contraintes de disponibilité des ressources réalisant ces soins très lourds apportent un niveau de complexité

supplémentaire. Dans ce contexte il est nécessaire de réaliser une synchronisation des ressources matérielles et humaines qui contribuent à la réalisation de l'activité de la chimiothérapie.

5 Bibliographie des problématiques sur la gestion des activités en HAD

Cette étude bibliographique vise à présenter des travaux existants sur la gestion des opérations, qui ont un lien direct ou indirect avec l'organisation des activités de soins en HAD. Nous allons les décomposer en trois classes.

5.1 Partitionnement géographique et affectation des ressources humaines

Dans l'objectif de partitionner la charge de travail des infirmiers d'un même territoire sur plusieurs zones géographiques, selon (Blais et al. 2003), les charges sont mesurées en termes de durée de visite chez le patient (du début à la fin de la visite de soins) et de durée de déplacement entre deux patients à visiter (consécutifs). Ils ont également utilisé la méta-heuristique de recherche tabou par déterminer la partition.

Plus récemment (Lahrichi et al. 2006) ont relevé que le modèle réalisé par (Blais et al. 2003) ne prenait pas en compte la fluctuation de la demande, et n'était pas flexible quant à l'affectation des infirmiers aux zones géographiques. À cet effet, ils ont analysé le partitionnement géographique pour la prestation des soins à domicile, à travers une analyse de données. Cette analyse a été utilisée pour la proposition de deux solutions : (i) une approche dynamique d'affectation des infirmiers suivant le besoin de chacune des zones, (ii) une approche qui consiste à diviser les infirmiers en deux groupes, dont le premier est constitué d'infirmiers affectés à une seule zone et le deuxième constitué d'infirmiers ayant la possibilité d'intervenir sur plusieurs zones.

Suite à ce travail, (Hertz et Lahrichi 2006) ont proposé une solution pour le même problème d'affectation de ressources aux sous-zones, mais pour un horizon de planification de plusieurs semaines, en prenant en compte la localisation géographique des patients et la charge de travail des infirmiers.

Suite à ces travaux, (Benzarti et al, 2012) ont présenté deux autres approches de partitionnement de la zone desservie en plusieurs sous-zones. Les contraintes prises en

compte sont celles liées aux compétences des acteurs, à la charge de travail, aux localisations des ressources, etc. Les principaux critères optimisés sont, la répartition des charges, compacité de sous-zones, compatibilités et l'indivisibilité des unités de base. Ces modèles ont été étendus pour l'intégration des différentes variations qui peuvent être observées dans les activités d'une structure d'HAD.

5.2 Affectation et ordonnancement des tournées des soignants

(Begur et al, 1997) ont proposé un outil composé de plusieurs modules, pour la gestion d'un établissement d'HAD. Le module principal de cet outil concerne l'ordonnancement d'activités en HAD à l'aide une approche heuristique, qui permet une construction et l'optimisation des tournées des soignants.

(Eveborn et al. 2006) ont développé un système qui permet de déterminer les visites à effectuer par les différents personnels (qui réalise la visite ? et quand ?), après avoir déterminé le dimensionnement des prestations à fournir aux patients. Le but du système proposé, est d'équilibrer les charges du personnel soignant tout en respectant de nombreuses contraintes sur les chemins empruntés pour mieux satisfaire les patients. La résolution du problème se base sur les tournées de véhicules en utilisant les algorithmes de couplage répété (repeated matching algorithm).

Afin de traiter la même problématique d'affectation de tâches aux soignants, (Bertels et Fahle 2006) ont présenté une approche hybride entre la programmation par contraintes, programmation linéaire et méta-heuristiques. L'approche proposée considère un ensemble de contraintes visant à satisfaire les acteurs de soins, tout en minimisant les coûts de transport. La problématique a été considérée comme un modèle hybride entre le modèle d'affectation (des jobs aux soignants) et de tournées de véhicules.

(Borsani et al, 2006) ont proposé une approche, basée sur la modélisation mathématique sous forme de programme linéaire en nombres entiers, pour planifier à court terme les ressources humaines permettant les soins à domicile. Le modèle traite le problème d'affectation des soignants aux patients et l'ordonnancement des activités de chaque ressource. Plusieurs critères, tels que la qualification des soignants, les disponibilités des patients, la réduction du changement des soignants pour chaque patient sont considérés.

(B. Bachouch et al, 2009) ont utilisé la programmation linéaire mixte, afin d'affecter et de planifier les visites de chaque soignant et d'établir des tournées optimisées, tout en respectant les disponibilités des patients et les pauses repas pour les soignants avec un nombre minimal de ressources pour le même patient. Le problème est modélisé comme un problème de tournées de véhicules avec fenêtres de temps (VRPTW) avec l'objectif d'optimiser les durées totales de déplacement.

5.3 Ordonnancement des tournées des soignants

(Akjiratikarl et al. 2007) ont développé une méthode basée sur les tournées de véhicules avec fenêtres de temps, qui permet la réalisation d'un ordonnancement des soignants d'une structure d'HAD, avec la particularité de permettre aux soignants de commencer leur mission de soins à partir de leur domicile. Le travail réalisé propose une stratégie qui permet un traitement spécifique des patients, en respectant le critère « fidélité » ; ce dernier signifie qu'une grande partie des soins d'un patient s'effectuent par un minimum de soignants. La méthode proposée permet également de réduire les coûts de soins. De multiples objectifs ont été pris en compte dans cette approche, tels que, la minimisation du nombre de soignants, la distance parcourue.

En empruntant les mêmes approches basées sur les tournées de véhicules, (Steeg et Schröder 2008) ont proposé une solution à la même problématique. La particularité de cette résolution réside dans l'horizon de temps égal à la période de soins. L'objectif est d'une part, de réduire les coûts de soins ainsi que les coûts liés aux distances parcourues par les soignants, et d'autre part, de réduire le nombre de soignants, en remplissant les plannings de travail de ces derniers de façon optimale.

Avec plus de spécificités au niveau des services fournis à domicile, (Bräysy et al, 2009) ont traité le problème de la planification des tournées de distribution de repas pour des patients hospitalisés à domicile dans une région Finnoise. L'approche proposée considère les patients par voisinage géographique. La résolution se base sur les tournées de véhicules avec fenêtres de temps (VRPTW) et une heuristique de « recherche locale ».

À partir de cette revue de la littérature, nous avons identifié trois classes de problématiques. La première concerne le partitionnement du territoire au niveau stratégique. La deuxième classe, regroupe les problèmes d'affectation des ressources aux sous-zones au niveau

tactique, nous signalons que les problématiques de cette classe sont directement liées aux problématiques de dimensionnement des ressources évoquées par (Busby et Carter, 2006). La troisième classe concerne les problèmes d'affectation des activités aux soignants (visites ou tâches selon les différentes appellations dans les travaux présentés) et de planification des activités des ressources humaines, au niveau opérationnel (troisième classe). La Figure 8 résume l'ensemble de ces travaux suivant leurs classes d'appartenance.

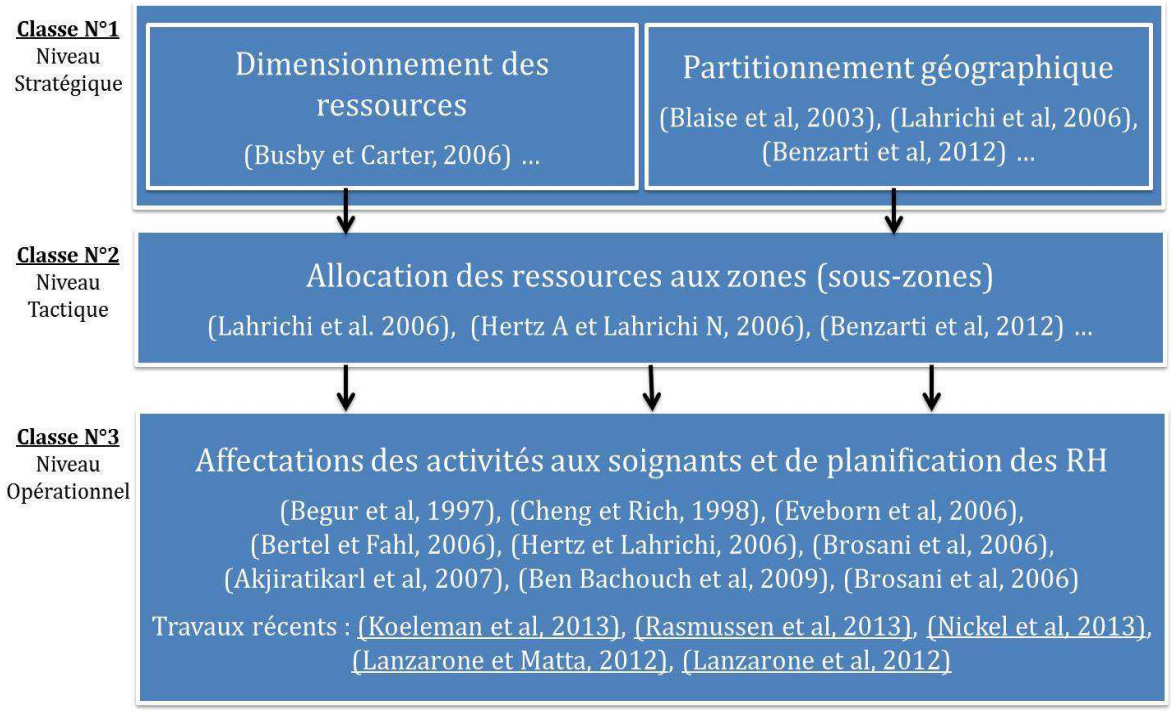


Figure 8. Classification des problématiques de la gestion des activités en HAD.

Les travaux relatifs à la gestion des activités en HAD ne sont pas génériques et traitent des problématiques spécifiques et diversifiés. Cela est dû à un ensemble de facteurs, tels que, la différence entre les systèmes d'HAD aux niveaux organisationnels, d'un pays à un autre et même d'une région à une autre, la nature du territoire au sein d'un même pays (sous forme de provinces tel que le Canada), les différents modes de financement du système de soins, etc. Des travaux plus récents (apparus en 2012 et 2013) se sont intéressés à cette problématique de gestions des activités en HAD, est ce sur les différents volets, i.e. (i) l'allocation des activités et des soignants aux patients (Koelman et al, 2013), (Lanzarone et al, 2012) et (Lanzarone et Matta, 2012), et (ii) réalisation des tournées de soignants (Nickel et al, 2013) et (Rasmussen et al, 2013). Ces travaux prennent en compte un ensemble de contraintes et d'objectifs liés à la fois à la réalisation des soins mais aussi aux spécificités de la prise en charge à domicile.

6 Classification des problématiques de gestion des activités de soins en HAD

Les problèmes de gestion des activités de soins en HAD sont complexes. Nous proposons de classer cette complexité suivant trois axes qui expriment : (i) l'environnement dans lequel se situe la structure, (ii) les dépendances temporelles, (iii) le ratio du nombre d'activités à réaliser par soignant.

1. **Dimension environnementale** :

Il s'agit de la localisation géographique de la structure de HAD (ou des structures dans le cas de systèmes réticulaires) et de la localisation des patients dans le territoire desservi par la structure d'HAD. Cette première dimension de la complexité renvoie à des problématiques de localisation de la HAD d'une part et d'affectation des soignants aux patients d'autre part. Pour résoudre ce problème, il est nécessaire de prendre en compte les besoins en soins sur le territoire (i.e., phénomènes de variation de la demande), la localisation des patients et des soignants (i.e., partitionnement du territoire), les contraintes légales du travail, la contrainte de permanence des soins (i.e., le même soignant intervient toujours chez le même patient), les contraintes de compétences techniques des soignants, les souhaits des soignants et des patients avec des contraintes de type stress ou d'épuisement des ressources (Burn_out), etc.

2. **Les dépendances temporelles** :

Cette complexité exprime principalement les contraintes liées au projet thérapeutique et de disponibilité des patients et des soignants. La complexité du projet thérapeutique impose une relation d'ordre entre les activités (i.e., exclusion, coordination) et synchronisation des ressources. La complexité liée aux disponibilités traduit le respect de contraintes légales de travail des soignants avec la prise en compte des souhaits des soignants et patients.

3. **Le ratio « Nombre d'activité de soins par soignant »** :

Cette dimension de la complexité caractérise à la fois la charge de travail des soignants, mais également la problématique du routage. En d'autres termes, cette complexité est celle d'un modèle VRP (ou TSP).

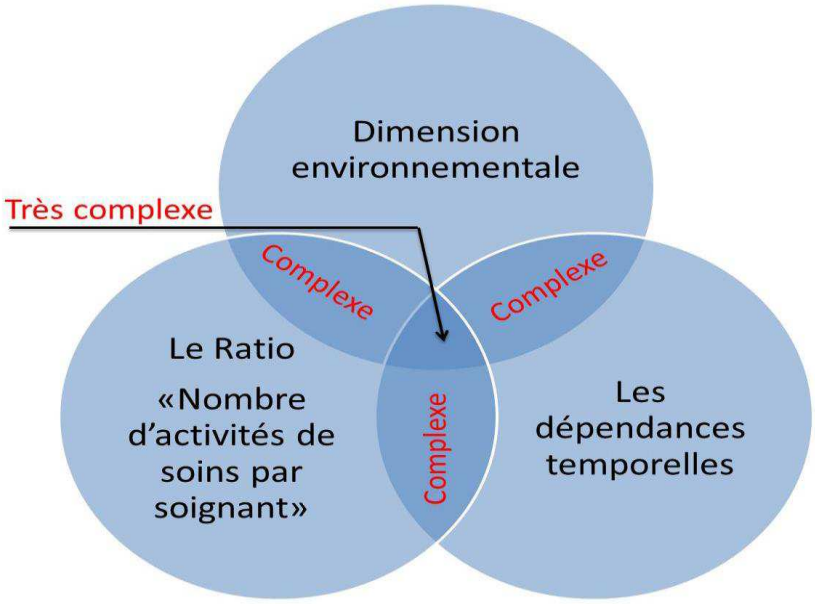


Figure 9. Les trois dimensions de la complexité

La problématique générale de gestion des activités de soins en HAD, est donc une problématique très complexe, car elle vise à résoudre simultanément des sous-problèmes réputés NP difficiles. Cette problématique multi-niveaux qui peut être décomposée de la manière suivante :

1. Localisation de la ou des structures de HAD et des patients desservis par cette dernière.
2. Allocation des patients aux soignants.
3. Réalisation des tournées des soignants sous contraintes de dépendances temporelles et de ratio d'activité par soignant.

Dans le contexte de la thèse, nous n'abordons pas la résolution de cette problématique multi-niveaux mais nous nous centrons sur la troisième étape qui est la réalisation des tournées. Par analogie aux systèmes industriels, la planification des activités peut s'apparenter à des problèmes de type : LRP, LRCP, TSP, VRP, VRPTW, RCPSP. Notons toutefois, que ces problématiques sont plus complexes en HAD en raison des trois dimensions évoquées précédemment.

Ainsi, la résolution de cette problématique nécessite soit un traitement hiérarchisé (Blais et al, 2003) et (Lahrichi et al, 2006), soit la relaxation de certaines contraintes qui réduiront le nombre de dimensions de complexité. À titre d'illustration, l'absence des contraintes de dépendances temporelles, conduit à traiter un problème de multi-TSPC sans fenêtre de temps. En revanche, l'augmentation de la complexité des contraintes de dépendance

temporelle introduit la notion de fenêtre de temps et de précédence entre les activités. Par ailleurs, si le ratio « Nombre de visites de soins à réaliser / Nombre des soignants » est faible, nous aboutissons à un modèle finalement simple, car les tournées contiennent peu d'activités. L'exemple le plus pertinent dans ce cas est celui d'un ratio « Nombre de visites de soins à réaliser / Nombre des soignants » égale à 1 (une activité de soins par soignants), il s'agit du cas des structures d'HAD mobilisant des libéraux pour l'accomplissement des activités de soins. Ce système est le plus simple en termes de gestion des activités, quelle que soit la complexité sur les autres dimensions, il correspond à la situation où les structures d'HAD délègueraient complètement aux libéraux la gestion de leurs propres plannings d'activités. Dans la réalité, l'augmentation de la valeur du ratio « Nombre de visites de soins à réaliser / Nombre des soignants » est un facteur central qui impacte la gestion des activités en HAD. La Figure 9 résume les trois dimensions et la complexité liée aux croisements de ces dernières.

Conclusion

Les structures d'HAD sont caractérisées par un nombre important de décisions de types organisationnelles. Ces décisions se divisent sur les différents niveaux décisionnels, i.e. niveau stratégique, niveau tactique et niveau opérationnel. Nous avons décrit dans une première partie de ce chapitre ces différentes décisions. Cette description nous a permis de cerner les difficultés de prise de décisions en HAD, liées non seulement à la diversité des critères à prendre en compte, mais aussi à la multiplicité et la spécificité des activités des acteurs participant à la prise en charge du patient.

À cet effet, nous avons détaillé dans la deuxième partie les spécificités des acteurs de la prise en charge en HAD. Les interactions entre les activités en HAD entrainent des dépendances entre les différentes activités. L'étude de la dépendance entre activités nous a permis de mettre en évidence les interactions et les collaborations, qui peuvent exister ou coexister dans la réalisation des activités en HAD entre les multiples ressources d'une HAD, i.e. interactions entre ressources humaines, entre ressources matériels et entre ressources humaines et matériels.

Afin de bien cerner les travaux réalisés autour de la gestion des opérations en HAD, nous avons réalisé une revue de la littérature, qui a un lien direct ou indirect avec la gestion des activités de soins en HAD. Nous avons décomposé ces travaux en trois classes de problématiques, à savoir, le partitionnement de la zone desservis par la structure d'HAD, l'allocation des ressources aux zones (sous-zones) et l'affectation et l'ordonnancement des activités de soins. Cette revue de la littérature nous a permis de réaliser une classification des problématiques de gestion des activités en HAD, de manière à définir les principales dimensions qui expriment la complexité de cette problématique.

Le chapitre 3 est consacré à la présentation de deux approches de résolution de la problématique de gestion des activités et de réalisation des tournées tout en considérant les axes de la dépendance temporelle et du ratio nombre d'activité par soignant. Nous excluons, du périmètre de notre recherche la dimension environnementale qui peut faire l'objet d'un traitement préalable.

CHAPITRE 3

MODELISATION ET RESOLUTION DU PROBLEME DE GESTION DES ACTIVITES DE SOINS EN HAD

Chapitre III. MODELISATION ET RESOLUTION DU PROBLEME DE GESTION DES ACTIVITES DE SOINS EN HAD

Introduction

Dans ce chapitre, nous proposons une description détaillée du problème traité, avant de passer à la modélisation et la résolution de cette problématique complexe. Nous proposons par la suite deux approches de résolutions toutes deux basées sur un modèle mathématique par Programmation Linéaire en Nombre Entiers (PLNE). Le premier modèle est basé sur la construction de tournées coordonnées de voyageurs de commerce (multi-Traveling Salesman Problem-Coordinated – m-TSPC), le second est basé sur l'ordonnancement de projets avec contraintes de ressources » (Ressources Constrained Project Scheduling Problem - RCPSP).

Les deux approches proposées seront testées sur un ensemble d'instances et de données choisies en regard des deux axes de complexité de dépendance temporelles et du ratio « nombre de visite de soins / soignant ». Ce plan d'expérience permettra d'évaluer et de comparer les performances des deux approches. En conclusion de ce chapitre, nous ferons des recommandations quant à l'utilisation de chacune des approches et nous introduirons un nouveau modèle basé sur une heuristique originale.

1 Contexte du problème de planification et l'ordonnancement des activités de soins en HAD

Nous considérons un ensemble de visites (d'activités) de soins. Chaque visite (activité) est affectée à un patient, et réalisée par un soignant salarié de la structure d'HAD. Chaque soignant réalise un ensemble de visites (activités) de soins qui forment une tournée où il visite successivement différents patients. À chaque activité est associée une durée définie par le projet thérapeutique. La Figure 10 présente un exemple de trois soignants effectuant chacun sa tournée. Pour un même patient, des dépendances temporelles entre un ensemble ou sous-ensemble d'activités des soins peut être nécessaire pour l'accomplissement de son projet thérapeutique. Nous considérons dans notre cas des dépendances temporelles de type « *coordination* » entre activités, i.e. imposant une chronologie entre les activités de soins.

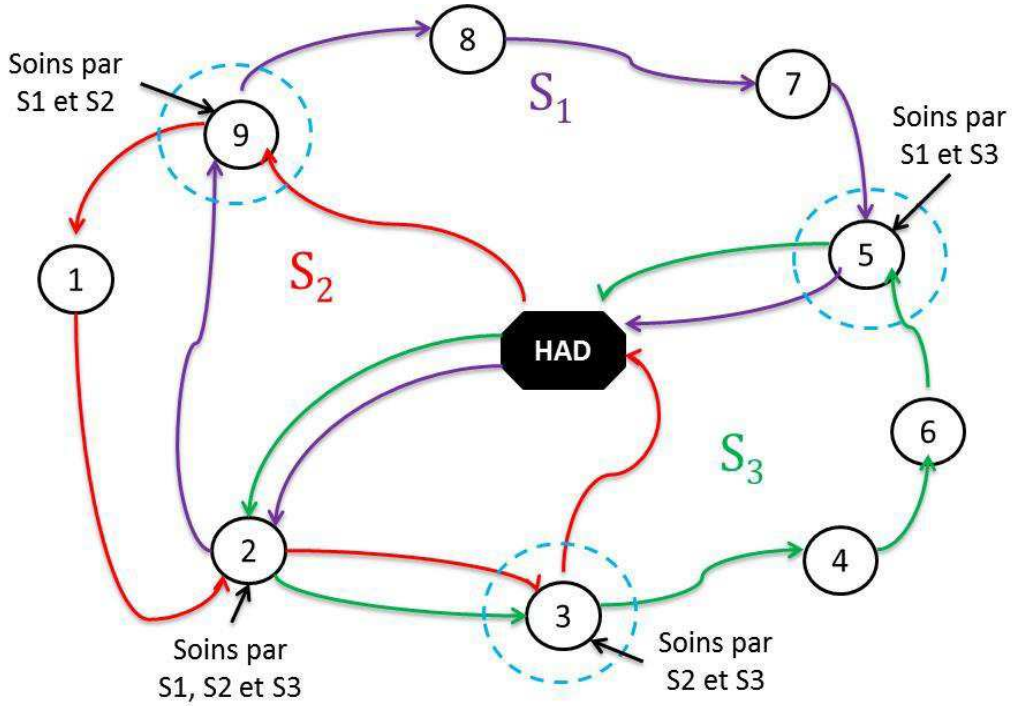


Figure 10. Tournées de deux soignants avec des patients partagés

2 Modélisation du problème de gestion des activités

Nous proposons en premier une approche basée sur la modélisation mathématique sous forme multi voyageurs de commerce coordonnés (multi-Traveling Salesman Problem-Coordinated – m-TSPC). Le problème de multi-voyageurs de commerce (multi-Traveling

Salesman Problem) est un cas particulier du problème de tournées de véhicules (Vehicule Routing Problem), il consiste à minimiser les longueurs des tournées d'un ensemble de représentants de commerce, qui doivent visiter un certain nombre de villes, avant de revenir à la ville de départ. L'ensemble des clients visités par un voyageur désigne la tournée de celui-ci. Chaque client doit être desservie une et une seule fois et chaque tournée commence et se termine au lieu de départ. Le problème consiste à trouver le chemin le plus court, i.e. la somme des durées des parcours de chaque véhicule, tout en respectant les contraintes de disponibilités de chaque client. Les recherches sur la complexité du TSP, ont montré que ces types de problèmes étaient NP-difficile (parmi ces travaux nous citons (Lenstra et Kan, 1981), (Rego et Roucairol, 1994)).

La seconde approche est basée sur la modélisation mathématique sous forme de problème d'ordonnancement de projet sous contraintes de ressources (Resources-Constrained Project Scheduling Problem-RCPSP). Le RCPSP est un problème d'optimisation combinatoire défini par le 6-uplet (V, p, E, R, B, b), où V est un ensemble d'activités, p le vecteur de durées d'exécution, E l'ensemble de précédences, R l'ensemble de ressources, B le vecteur de capacités (i.e., disponibilités des ressources), et b est une matrice de demandes, (Koné et al, 2010). Le RCPSP est un problème NP-difficile (Blazewicz et al, 1983). Un problème de RCPSP classique consiste à trouver le meilleur ordonnancement des activités tenant compte des multiples contraintes, tout en minimisant les heures de fin d'exécution de l'ensemble des activités.

2.1 Modélisation basée sur les m-TSPC

Avant de modéliser le problème, nous présentons les similarités entre la problématique de tournées de soignants et les m-TSPC. Nous disposons d'un ensemble de patients (clients), un ensemble de soignants (voyageurs) et la structure d'HAD (ville de départ). La finalité est de trouver un tour (route) pour chaque soignant. Chaque soignant commence et termine sa tournée dans la structure d'HAD. Chaque soignant (voyageur possède son ensemble prédéfini de patients (villes). Ces derniers possèdent/imposent leurs disponibilités. Chaque soignant réalise, au plus, un et un seul soin pour un patient. Généralement, un patient reçoit plusieurs soins par jour, i.e. plusieurs soignants chaque jour. En fonction de la nature du projet thérapeutique la chronologie de réalisation de certains soins peut être imposée. C'est ce que nous appellerons « la coordination » entre visites.

Les hypothèses générales posées pour la résolution du problème sont les suivantes :

- Les patients sont assignés aux soignants ;
- Chaque patient nécessite une ou plusieurs visites de soins par jour ;
- Le nombre de patients à visiter chaque jour est connu ;
- Les durées de réalisation des soins (les durées des visites), ainsi que les durées des déplacements entre les patients sont connues ;
- L'activité de soins est sans préemption, i.e. les activités de soins sont sans interruption ;
- La structure d'HAD dispose de plusieurs ressources ou soignants pour la réalisation des soins ;
- Les soignants commencent et terminent leurs tournées dans la structure d'HAD.

Dans notre étude nous nous cantonnerons au cas déterministe. En d'autre terme, le nombre de patients à traiter, les durées d'activité et de transport sont déterministes.

2.1.1 Paramètres et notations

Notre problème concerne la génération des tournées d'un ensemble de soignants « *S* » de la HAD. Ainsi, l'ensemble des patients notés par « *N* » comprenant la structure d'HAD (représentée par le patient fictif *#1).*

Afin d'uniformiser les notations des variables pour les deux modélisations, i.e. m-TSPC et RCPSP (section 2.3). Nous utilisons les notations suivantes :

- *i, j* : pour indiquer les activités (ces indices prennent des valeurs dans l'ensemble « A », qui représente l'ensemble des activités).
- *p, q* : pour indiquer les patients (ces indices prennent des valeurs dans l'ensemble « N », qui représente l'ensemble des patients).
- *s, r* : pour indiquer les soignants (ces indices prennent des valeurs dans l'ensemble « S », qui représente l'ensemble des soignants).

Les paramètres suivants sont communs entre les deux modèles m-TSPC et RCPSP :

- La matrice « td_{pq} » représente les déplacements entre les patients « #p » et « #q »,
- La disponibilité d'un patient « #p » est représentée sous forme d'une fenêtre de temps, telle que, « r_p » l'heure au plus tôt de début de réalisation des activités de soins (release date), et « d_p » est l'heure au plus tard de fin de réalisation des activités de soins (due date),
- Nous aurons également besoin d'une constante large « M », pour la relaxation de certaines contraintes,

Les paramètres suivants sont propres au modèle m-TSPC :

- La durée de visite du patient « #p » par un soignant « s » est notée « p_{ps} » (processing time). Cette durée est définie conformément au projet thérapeutique du patient.
- L'affectation des patients aux soignants est consignée dans un tableau à deux index « A_{ps} », tel que :

$$A_{ps} = \begin{cases} 1 \text{ Si le patient \#p est affecté au soignant s,} \\ 0 \text{ Sinon} \end{cases}$$

- Le nombre des patients par soignant « s » est représenté par « NP_s », et le nombre de soignants devant visiter un patient « p », est représenté par « NS_p ».
- La coordination entre les visites de soins est représentée par une donnée binaire qui impose un ordre sur les visites de deux soignants « s » et « r » pour le patient « p ». Nous avons noté cette donnée par « y_{psr} », telle que :

$$y_{psr} = \begin{cases} 1 \text{ Si le soignant } s \text{ doit visiter le patient \#}p \text{ avant le soignant } r, \\ 0 \text{ Si aucun ordre sur les visites est imposé.} \end{cases}$$

2.1.2 Variables décision

Nous définissons quatre variables de décision principales :

t_{ps}, variable entière représente l'heure de visite du patient « #p » par le soignant « s » ($t_{1s} = 0$ l'heure de début de la tournée du soignant « s » à partir de la structure d'HAD),

x_{pqs}, variable binaire permet le séquencement des visites pour les patients « $\#p$ » et « $\#q$ » visités par le soignant « s », telle que :

$$x_{pqs} = \begin{cases} 1 \text{ Si le patient \#p est visité avant le patient \#q par le soignant s} \\ 0 \text{ Sinon} \end{cases}$$

z_{psr}, variable binaire permet le séquencement des visites des soignants « s » et « r » pour le patient « $\#p$ », telle que :

$$z_{psr} = \begin{cases} 1 \text{ Si le patient \#p est visité par le soigannt s avant le soignant r} \\ 0 \text{ Sinon} \end{cases}$$

u_{ps}, une variable entière de décision exprime l'ordre du patient « $\#p$ » dans la tournée du soignant « s ».

La structure d'HAD est représentée sous forme d'un patient fictif. Dans notre cas ce dernier est le patient « #1 ». D'où le paramétrage suivant :

- Le patients « #1 » devrait être affecté à tous les soignants, i.e. ($A_{1s} = 1 \ \forall s \in S$) ;
- Le début au plus tôt et la fin au plus tard de la disponibilité du patient « #1 » sont respectivement le début et la fin de la journée de travail, i.e. ($r_1 = 1$ et $d_1 = H$, telle que H est l'heure de fin de la journée de travail) ;
- La durée du soin du patient « #1 » est ($p_{1s} = 0 \ \forall s \in S$).

2.1.3 Modélisation mathématique

Dans ce qui suit nous allons présenter la formulation mathématique de notre problématique sous forme d'un programme linéaire mixte. Nous allons commencer par une présentation des principales contraintes que nous classifions en plusieurs groupes.

A. Contraintes de disponibilités des patients et de l'horizon de travail

Ces contraintes permettent le respect des horaires de travail. Le respect de la journée de travail est équivalent au respect des disponibilités du patient fictif *#1* (la structure d'HAD). Les disponibilités de ce dernier sont équivalentes au début et la fin de la journée de travail. D'où les contraintes (1) et (2) :

$$t_{ps} \geq r_1 \qquad \forall p \in N, \forall s \in S \qquad (1)$$

$$t_{ps} + p_{ps} + td_{p1} \leq d_1 \qquad \forall p \in N, \forall s \in S \qquad (2)$$

Le début de chaque visite de soin doit également être soumis aux disponibilités des patients. Les contraintes (3) et (4)

$$t_{ps} \geq r_p \qquad \forall p \in N, \forall s \in S \qquad (3)$$

$$t_{ps} + p_{ps} \leq d_p \qquad \forall p \in N, \forall s \in S \qquad (4)$$

$$t_{ps} \leq M \times A_{ps} \qquad \forall p \in N, \forall s \in S \qquad (5)$$

$$t_{1s} = 0 \qquad \forall s \in S \qquad (6)$$

Les dates de soin d'un patient « $\#p$ » non affecté au soignant « s » sera initialisé à zéro (5). Le temps de soins du patient « #1 » est également initialisé à zéro (6).

B. Contraintes de séquencement des visites des soignants/patient

Ces contraintes se décomposent en trois types, i.e. séquencement des visites pour chaque soignant, séquencement des visites d'un même patient et les contraintes de coordination qui permettent d'imposer un ordre partiel entre les visites d'un même patient.

- Contraintes de séquencement des visites des soignants

Chaque soignant doit assurer sa tournée en visitant une seule fois dans la journée chacun de ses patients. Autrement dit, chaque patient est visité une et une seul fois par jour par chacun de ses soignants. Ce qui nous conduit à exprimer les contraintes (7), (8), (9) et (10) :

$$\sum_{q=1}^{|N|} x_{pqs} \leq A_{ps} \qquad \forall p \in N, \forall s \in S \qquad (7)$$

$$\sum_{p=1}^{|N|} x_{pqs} \leq A_{qs} \qquad \forall q \in N, \forall s \in S \qquad (8)$$

$$\sum_{p=1}^{|N|} \sum_{q=1}^{|N|} x_{pqs} = NP_s \qquad \forall s \in S \qquad (9)$$

$$x_{pps} = 0 \qquad \forall p \in N, \forall s \in S \qquad (10)$$

Deux patients « $\#p$ » et « $\#q$ » affectés à un même soignant ne peuvent pas être visités simultanément. Nous aboutissons donc aux contraintes (11) suivantes.

$$t_{ps} + p_{ps} + td_{pq} - M \times (1 - x_{pqs}) \leq t_{qs} \qquad \forall p, q \in N, \forall s \in S \qquad (11)$$

- **Contraintes de séquencement des visites de chaque patient**

Comme le patient reçoit plusieurs visites de soins par jour, il est nécessaire d'éviter tout chevauchement entre les activités réalisées par les différents soignants. La modélisation mathématique est représentée par les contraintes (12), (13), (14), (15) et (16) :

$$\sum_{s=1}^{|S|} z_{psr} \leq A_{pr} \qquad \forall p \in N, \forall r \in S \qquad (12)$$

$$\sum_{r=1}^{|S|} z_{psr} \leq A_{ps} \qquad \forall p \in N, \forall s \in S \qquad (13)$$

$$\sum_{s=1}^{|S|} \sum_{r=1}^{|S|} z_{psr} = NS_p - 1 \qquad \forall p \in N \qquad (14)$$

$$z_{pss} = 0 \qquad \forall p \in N, \forall s \in S \qquad (15)$$

$$t_{ps} + p_{ps} - M \times (1 - z_{psr}) \leq t_{pr} \qquad \forall p \in N, \forall s, r \in S \qquad (16)$$

- **Coordination entre visites de soins**

Les contraintes (17) permettent le respect de la coordination des soins, i.e. l'ordre imposé entre les visites par le projet thérapeutique.

$$t_{ps} + p_{ps} - M \times (1 - y_{psr}) \leq t_{pr} \qquad \forall p \in N, \forall s, r \in S \,/\, s \neq r \qquad (17)$$

C. Contraintes d'élimination des sous tours

Les contraintes (18), (19) et (20) ont pour but d'éliminer les sous tours dans la tournée des soignants. Ces contraintes sont dérivées de celles de Desrocher and Laport (Desrocher and Laport, 1991).

$$u_{ps} - u_{qs} + (|N| - 1) \times x_{pqs} + (|N| - 3) \times x_{qps} \leq |N| - 2 \qquad \forall p, q \in N \backslash \{1\}, \forall s \in S \qquad (18)$$

$$u_{ps} + M \times (1 - A_{ps}) \geq 2 \qquad \forall p \in N \backslash \{1\}, \forall s \in S \qquad (19)$$

$$u_{ps} - M \times (1 - A_{ps}) \leq NP_s \qquad \forall p \in N \backslash \{1\}, \forall s \in S \qquad (20)$$

L'ordre de visite pour les patients #i non affectés au soignant s est initialisé à « zéro », d'où les contraintes (21),

$$u_{ps} \leq M \times A_{ps} \qquad \forall p \in N, \forall s \in S \qquad (21)$$

Les contraintes (22) et (23) sont respectivement des contraintes de binarité et de positivité,

$$x_{pqs}, z_{psr} \in \{0,1\} \qquad \forall p,q \in N, \forall s,r \in S \qquad (22)$$

$$t_{ps}, u_{ps} \geq 0 \qquad \forall p \in N, \forall s \in S \qquad (23)$$

Ce modèle sera construit afin de satisfaire les soignants, et ce en réduisant leurs temps de déplacements et d'attentes. Pour cela, nous allons définir la fonction objectif (1.1), qui minimise les temps de déplacements et d'attentes des soignants. Cette dernière est modélisée de la façon suivante,

$$Min \sum_{s=1}^{|S|} \sum_{i=1}^{|N|} Att_{is} + \sum_{s=1}^{|S|} \sum_{i=1}^{|N|} \sum_{j=1}^{|N|} td_{ij} \times x_{ijs} \qquad (1.1)$$

Att_{is} est une variable entière positive de décision qui représente l'attente du soignant s avant la visite du patient « $\#i$ ». Cette dernière est calculée à travers les contraintes (24) qui seront ajoutées au modèle principale,

$$Att_{ps} = t_{ps} - Arriv_{ps} \qquad \forall p \in N, \forall s \in S \qquad (24)$$

$Arriv_{is}$ est une variable entière positive de décision, qui représente l'heure d'arrivée du soignant « s » au domicile du patient « $\#i$ ». Cette dernière est calculée à travers les contraintes (25) et (26) ajoutées quant à elles au modèle principale,

$$t_{ps} + p_{ps} + td_{pq} - M \times (1 - x_{pqs}) \leq Arriv_{qs} \qquad \forall p,q \in N, \forall s \in S \qquad (25)$$

$$t_{ps} + p_{ps} + td_{pq} + M \times (1 - x_{pqs}) \geq Arriv_{qs} \qquad \forall p,q \in N, \forall s \in S \qquad (26)$$

2.1.4 Données pour l'expérimentation

Cette expérimentation a pour objectif de vérifier l'hypothèse posée, que la complexité de la problématique s'exprimait suivant les deux axes que nous avons défini dans le chapitre précédent. Pour cette modélisation basée sur les m-TSPC, nous avons évalué l'impact du ratio « nombre de visites de soins / par soignant » sur la gestion des activités. Pour cela nous avons fixé la complexité des dépendances temporelles et nous avons varié la valeur du ratio « nombre de visite de soins / soignant ». Ensuite, nous avons évalué l'impact de la complexité des contraintes de dépendances temporelles (de type coordination) sur les tournées des soignants, est ce, en en fixant des valeurs pour le ratio « nombre de visite de soins / soignant », et variant la complexité des dépendances temporelles.

2.1.4.1 Définition des axes de complexité

Le ratio du nombre de visites de soins par soignant exprime notre premier axe de complexité. Pour l'expérimentation les soignants possèderont le même ratio (i.e., même nombre de patients assignés). L'affectation des patients aux soignants est réalisée de manière aléatoire sans prise en compte de leur localisation géographique.

Le pourcentage de dépendance temporelle exprime notre deuxième axe de complexité, qui concerne la chronologie de réalisation imposée entre les activités de soins. Un pourcentage de complexité correspond donc à un tirage aléatoire sur l'ensemble des permutations possibles pour chaque patient. La somme des coordinations possibles pour un patient, est égale au factoriel du nombre d'activités pour le patient divisé par deux.

Pour expérimenter notre modèle nous avons utilisé une instance composée de 10 patients et 10 soignants. Nous avons opté pour des durées de 25 minutes pour les activités de soins. Nous considérons que la variabilité de la durée du soin n'est pas un facteur dominant de complexité. Nous considérons également que les patients sont disponibles toute la journée du travail (fenêtres de disponibilité pour chaque patient est [1, 480]). Là encore, l'introduction de contraintes de fenêtre de temps de disponibilité des patients n'est pas un facteur déterminant de la complexité du problème. Tout au plus, l'introduction de ce type de contrainte peut conduire à rendre le problème insolvable.

La matrice de déplacements entre les patients est générée aléatoirement, cette dernière est illustrée au niveau du tableau 8. La fonction objectif permet de minimiser la somme des temps d'attentes et de déplacements des soignants.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
P1	0	15	45	15	25	20	30	25	15	20	15
P2	15	0	20	25	20	25	15	30	40	15	40
P3	45	20	0	30	40	15	25	30	40	25	40
P4	15	25	30	0	20	15	30	25	25	20	25
P5	25	20	40	20	0	25	15	20	25	15	25
P6	20	25	15	15	25	0	30	20	15	35	20
P7	30	15	25	30	15	30	0	15	25	20	15
P8	25	30	30	25	20	20	15	0	15	30	35
P9	15	40	40	25	25	15	25	15	0	15	20
P10	20	15	25	20	15	35	20	30	15	0	30
P11	15	40	40	25	25	20	15	35	20	30	0

Tableau 8. Durées de déplacements entre patients

2.1.4.2 Matrices d'affectations pour les ratios « nombre de visite de soins / soignant » égale 1, 2, 3 et 4

Dans cette section nous présentons l'ensemble des matrices d'affectations pour les ratios « nombre de visite de soins / soignant » égale à 1, 2, 3 et 4.

	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S10
P1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
P4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
P5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
P6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
P7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
P8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
P9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
P10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
P 11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Tableau 9. Affectation des patients aux soignants – ratio = 1

	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S10
P1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
P3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
P4	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
P5	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
P6	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
P7	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
P8	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
P9	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
P10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
P 11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Tableau 10. Affectation des patients aux soignants – ratio = 2

	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S10
P1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
P3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
P4	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
P5	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
P6	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
P7	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
P8	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
P9	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
P10	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
P 11	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1

Tableau 11. Affectation des patients aux soignants – ratio = 3

	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S10
P1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
P3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
P4	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
P5	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0
P6	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
P7	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
P8	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
P9	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
P10	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
P11	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

Tableau 12. Affectation des patients aux soignants - ratio = 4

2.1.5 Étude de la complexité du ratio « nombre de visite de soins / soignant »

Afin d'évaluer l'impact du ratio « nombre de visite de soins / soignant » sur la gestion des activités, nous avons fixé la complexité des dépendances temporelles et nous faisons varier la valeur du ratio « nombre de visite de soins / soignant ». La variation de cette dernière se fait en modifiant le nombre de patients affectés pour les soignants, i.e. modifier la matrice d'affectation. Nous présentons dans ce qui suit, un ensemble de tests, chacun présente les résultats d'une valeur choisie pour le ratio « nombre de visite de soins / soignant ». Nous avons opté pour une complexité des dépendances temporelles de 20 % de type coordination des soins, pour l'ensemble des tests.

2.1.5.1 Ratio « nombre de visite de soins / soignant » = 1

Au niveau de ce premier test, chaque soignant ne réalise qu'une activité par jour. Les déplacements des soignants se font donc de la structure d'HAD vers le patient concerné. Il s'agit d'un cas très simple et par conséquence, les déplacements et attentes des soignants sont connus d'avance. La matrice d'affectation dans ce cas est représentée au niveau du tableau 9.

Ce cas représente un modèle très simple pour la problématique de gestion des activités en HAD. Il s'agit du cas des structures d'HAD mobilisant des personnels libéraux pour la réalisation des activités de soins. Les structures d'HAD dans ce cas se déchargent de la tâche de gestion des activités aux libéraux, qui se chargent eux même de la gestion de leurs propres plannings d'activités.

2.1.5.2 Ratio « nombre de visite de soins / soignant » = 2, 3 et 4

Dans cet ensemble de tests, nous fixons la valeur du ratio « nombre de visite de soins / soignant » à 2, 3 et à 4, et ce, en affectant respectivement pour chaque soignant, deux, trois et quatre visites de soins à réaliser par jour (cf. section 2.1.4.). Le tableau13 illustre les déplacements et attentes des soignants et les temps de calcul au niveau de chaque test.

	Ratio = 2		**Ratio = 3**		**Ratio = 4**	
	Complexité de la coordination fixée à 20%					
Soignants	**Déplacements**	**Attentes**	**Déplacements**	**Attentes**	**Déplacements**	**Attentes**
	690	00	835	45	1035	80
Total	690		880		1115	
Temps de calcul	1 sec		19 min		1 h 21 min	

Tableau 13. Complexité des dépendances temporelles utilisant le modèle m-TSPC.

Nous remarquons que les performances du modèle basé sur les m-TSPC diminuent en fonction de l'augmentation du ratio « nombre de visite de soins / soignant ». Cette performance s'exprime en termes du temps de calcul écoulé avant l'obtention de la solution optimal. En effet, la génération du planning final prend un temps de calcul de plus en plus important au fur et à mesure de l'augmentation du ratio « nombre de visite de soins / soignant ».

2.1.6 Étude de la complexité des dépendances temporelles

Dans cette partie nous allons tester l'impact de la complexité des dépendances temporelles sur la gestion des activités en HAD. Pour ces tests, nous fixons le ratio « nombre de visite de soins / soignant » égal à 2 (soit deux activités de soins par soignant), et nous faisons varier la complexité des dépendances temporelles suivant un pas de 10 %. Le tableau 14 illustre les déplacements et attentes des soignants, ainsi que les temps de calcul lorsque l'on fait varier la complexité des dépendances temporelles (de type coordination).

Les temps de calcul avant d'obtenir un résultat optimal, pour l'ensemble des tests sont assez proches. Ce premier test ne permettant pas de conclure que la dépendance temporelle est un axe de complexité du problème, nous réalisons à cet effet une deuxième campagne de tests. Cette fois, nous fixons à ce niveau le ratio « nombre de visite de soins / soignant » égal à 3.

Le tableau 15 illustre les déplacements et attentes des soignants, ainsi que les temps de calcul tout en variant la complexité des contraintes de dépendances temporelles. Le tableau 15 met en évidence que l'augmentation de la complexité des dépendances temporelles, conduit vers une augmentation du temps de calcul pour obtenir le résultat optimal. Elle influence également la qualité des tournées en augmentant les déplacements et attentes des soignants.

Les dépendances temporelles entre activités partagées, créent une dépendance forte entre les différentes tournées. Les modèles VRPTW classiques représentent les dépendances temporelles sous forme de fenêtres de temps. En effet, imposer des fenêtres de temps séparées pour les activités temporellement dépendantes, permet de créer une forme d'indépendance entre les différentes tournées. La problématique ici se résume en la recherche des tournées minimales pour chaque soignant indépendamment des autres, ce qui augmente la performance de ces derniers en termes de convergence vers une solution finale, cf. section 2.2.

Les dépendances temporelles permettent effectivement d'interconnecter les tournées, à travers les visites temporellement dépendantes. Par ailleurs, et contrairement aux contraintes de dépendances temporelles, les contraintes d'exclusivité possèdent une marge de liberté pour l'ordonnancement des activités, ce qui permet d'atteindre la borne inférieure plus rapidement. Le rattachement entre les tournées des soignants impacte l'ensemble des activités des tournées concernés (les tournées ayant des activités partagées et temporellement dépendantes). En effet, nous aboutissons à une gestion plus complexe des activités à planifier. Prenons comme exemple deux soignants visitant chacun trois patients, et pour lesquels le patient 2 est partagé avec des visites coordonnées, i.e. temporellement dépendantes (la visite du soignants 1 avant celle du soignant 2). Nous illustrons cet exemple dans la Figure 11.

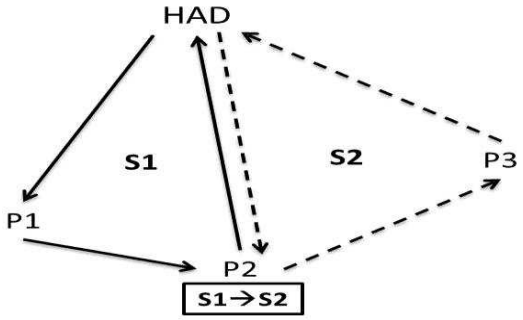


Figure 11. Exemple de tournées de deux soignants

Complexité de la coordination	20 %		30 %		40 %		50 %		60 %		70 %		80 %		90 %		100 %	
Soignants	Dép	Att	Dép	Att	Dép	Att	Dép	Att	Dép	Att	Dép	Att	Dép	Att	Dép	Att	Dép	Att
	690	00	690	35	690	35	690	70	690	70	690	95	690	95	690	95	690	95
Total	690		725		725		760		760		785		785		785		785	
Temps de calcul	1 sec		1 sec		5 sec		20 sec		28 sec		1 m 03sec		1 m 24 sec		1 m 39 sec		1 m 54 sec	

Tableau 14. Déplacements et attentes des soignants et temps de calculs – ratio = 2.

Complexité de la coordination	20 %		30 %		40 %		50 %		60 %		70 %		80 %		90 %		100 %	
Soignants	Dép	Att	Dép	Att	Dép	Att	Dép	Att	Dép	Att	Dép	Att	Dép	Att	Dép	Att	Dép	Att
	835	45	835	45	885	30	885	30	875	75	875	75	900	60	885	85	885	90
Total	880		880		915		915		950		950		960		970		975	
Temps de calcul	19 min		34 min		55 min		56 min		1h 05 min		1h 14 min		Arrêt : 1 h 30m		Arrêt : 1 h 30m		Arrêt : 1 h 30m	

Tableau 15. Déplacements et attentes des soignants et temps de calculs – ratio = 3.

Les dépendances temporelles entre les visites du soignant 1 et 2 pour le patient 2, conduit à planifier simultanément les activités des deux soignants. En revanche, l'absence des dépendances temporelles mène à planifier les trois activités de chaque soignant, en prenant en compte la contrainte d'exclusion pour les activités du patient 2. Ainsi, la complexité des dépendances temporelles constitue bien un axe de complexité pour la gestion des activités de soins en HAD, tant sur le plan performance de l'outil de génération des plannings, que sur la qualité des tournées.

2.1.7 Etude de la complexité croisée entre les dépendances temporelles et le ratio « nombre de visite de soins / soignant »

Dans cette section, nous allons étudier l'évolution de la complexité des deux axes, i.e. (i) ratio « nombre de visite de soins / soignant » et (ii) complexité des dépendances temporelles (coordination). Nous réalisons pour l'évaluation de cette complexité croisée les tests suivants :

- Ratio = 2 avec une dépendance temporelle de 20 %
- Ratio = 3 avec une dépendance temporelle de 30 %
- Ratio = 4 avec une dépendance temporelle de 40 %

Les résultats des différents tests sont résumés au niveau du tableau 16.

	Ratio = 2 Complexité de la coordination 20%		**Ratio = 3 Complexité de la coordination 30%**		**Ratio = 4 Complexité de la coordination 40%**	
Soignant	**Déplacements**	**Attentes**	**Déplacements**	**Attentes**	**Déplacements**	**Attentes**
	690	00	835	45	1025	175
Total	690		880		1200	
Temps de calcul	1 sec		34 min		2 h 19min	

Tableau 16. Déplacements et attentes des soignants et temps de calculs

Nous avons conclu précédemment que (i) le ratio « nombre de visite de soins / soignant » et (ii) la complexité des dépendances temporelles, constituent séparément des axes de complexité pour la problématique de gestion des activités en HAD. Le tableau 16 met en évidence que le temps de calcul de l'outil proposé, accroit avec l'augmentation de la complexité croisée des deux axes. L'optimisation des tournées des soignants quant à elle est

influencée par la complexité croisée des deux axes, i.e. les temps de déplacements et attentes des soignants se dégradent en augmentant la complexité des deux axes. Nous concluons donc que les deux dimensions, (i) ratio « nombre de visite de soins / soignant » et (ii) complexité des dépendances temporelles (de type coordination des activités de soins), constituent des axes de complexité pour la problématique de gestion des activités de soins en HAD.

2.2 Comparaison du model VRPTW classique et notre modèle original (m-TSPC)

Dans cette partie, nous testons l'approche VRPTW classique qui introduit la dépendance temporelle en imposant des fenêtres de temps pour la réalisation des activités. Ces tests nous permettrons de réaliser une comparaison entre ce modèle de la littérature et notre modèle m -TSPC original cf. section 2.1.

Pour imposer les dépendances temporelles, nous décomposons la journée de travail en fonction du nombre d'activités à coordonner. Par exemple, si le nombre des activités à coordonner est 3 (deux relations de dépendance temporelle), les activités seront affectées respectivement aux fenêtres temporelles [1, 160], [160, 320] et [320, 480]. Au niveau du tableau 17, nous présentons une comparaison entre les modèles en termes de temps de calcul.

	Ratio = 3 Complexité de la coordination 30%	**Ratio = 4 Complexité de la coordination 40%**
Modèle m – TSPC proposé	34 min	2 h 19 min
Modèle avec fenêtres de temps	13 min	22 min

Tableau 17. Temps de calcul - modèles VRPTW classiques vs le modèle m-TSPC

En se basant sur le critère de temps de réponse avant l'obtention d'une solution optimale, nous remarquons au niveau du tableau 17, que le modèle de la littérature (le modèle VRPTW classique) présente une performance meilleur que celle présentée par notre modèle m-TSPC original. En effet, la génération des tournées des soignants se font indépendamment les unes des autres. Cette génération séparée des tournées des soignants, est liée à l'indépendance temporelle entre les patients partagés. Par ailleurs, ces modèles classiques présentent une performance assez médiocre en termes d'optimisation des tournées des soignants

(déplacements et attentes des soignants). Le tableau 18 illustre une comparaison entre les modèles de la littérature et notre modèle, en termes d'optimisation des déplacements et attentes des soignants.

	Ratio = 3 Complexité de la coordination 30%		Ratio = 4 Complexité de la coordination 40%	
Modèle proposé	**Déplacements**	**Attentes**	**Déplacements**	**Attentes**
	835	45	1025	175
Modèle avec fenêtres de temps	890	1292	950	1650

Tableau 18. Qualité des tournées - modèles VRPTW classiques vs le modèle m-TSPC

Nous avons montré à travers cette étude, les limites des modèles VRPTW classiques (introduisant les dépendances temporelles à travers des fenêtres de temps), face aux modèles m-TSPC proposées dans la thèse.

2.3 Modélisation basée sur l'ordonnancement de projet avec contraintes de ressources (RCPSP)

Le RCPSP est un problème d'optimisation combinatoire définit par le 6-uplet (V, p, E, R, B, b), où V est un ensemble d'activités, p le vecteur de durées d'exécution, E l'ensemble de précédences, R l'ensemble de ressources, B le vecteur de capacités (i.e., disponibilités des ressources), et b est une matrice de demandes (i.e. consommation des ressources). Dans notre cas : V représente les activités de soins, p le vecteur de durées de ces dernières. E l'ensemble des relations de précédences entre les activités qui permettent de réaliser la coordination entre activités. L'ensemble des ressources R représente les soignants. Dans notre cas, les soignants (ressources) sont disponibles sur toute la journée de travail, le vecteur des capacités n'est pas nécessaire dans notre cas. La matrice des demandes représente les activités affectées pour chaque soignant.

Les approches basées sur les RCPSP ont prouvé leurs performances dans de multiples domaines d'optimisation. Cependant, nous n'avons pas trouvé dans la littérature des travaux développant des modèles basés sur les RCPSP pour l'optimisation des tournées de soignants ou de véhicules dans le cas général. Néanmoins, ces approches semblent bien adaptées pour des approches visant à optimiser les attentes entre visites successives des patients, i.e. visant à satisfaire les patients. Notre objectif sera donc de développer des

modèles basées sur les RCPSP pour l'optimisation des activités de soins en HAD, dont le but est d'aboutir à des performances (réduction des temps de déplacements et attentes des soignants, réduction des temps d'attentes des patients et temps de calculs) meilleures que celles obtenues par les modélisations basées sur l'approche m-TSPC.

2.3.1 Paramètres et notations

Notre problème concerne la génération des plannings des activités d'un ensemble de soignants « S », intervenant chez un ensemble de patients « N » pour lesquels sont réalisées un ensemble d'activités de soins « A ». Initialement les patients sont affectés aux soignants,

Les paramètres communs entre les deux modèles m-TSPC et RCPSP sont les suivants :

- La matrice « td_{pq} » représente les durées de déplacement entre deux patients $\#p$ et $\#q$,
- Les disponibilités d'un patient « $\#p$ » est représenté sous forme d'une fenêtre de temps, telle que, « r_p » l'heure au plus tôt de début de réalisation des activités de soins (release date), et « d_p » est l'heure au plus tard de fin de réalisation des activités de soins (due date),
- Nous aurons également besoin d'une constante large « M », pour la relaxation de certaines contraintes,

Les paramètres du modèle RCPSP sont :

- Les durées de chaque activité « i » est notées par « p_i » (processing time),
- Le projet thérapeutique du patient est connu, cela implique pour notre modèle que l'affectation des activités de soins « i » aux patients « $\#p$ » et aux soignants « s » sont connues. Nous avons utilisé pour cela les matrices binaires « Aip » et « Bis », telles que,

$$A_{ip} = \begin{cases} 1 \text{ Si l'activité i est affectée au patient } \#p, \\ 0 \text{ Sinon} \end{cases} \qquad B_{is} = \begin{cases} 1 \text{ Si l'activité i est affectée au soignant s,} \\ 0 \text{ Sinon} \end{cases}$$

- Le nombre d'activités pour chaque patient « $\#p$ » et chaque soignant « s » sont par conséquence connues, et ils seront respectivement notées par « NaP_p », « NaS_s »,
- Afin de réaliser la coordination des soins nous avons défini une donnée binaire « y_{pij} » qui permet d'imposer un ordre entre les activités « i » et « j » du patient « $\#p$ », telle que,

$$y_{ijp} = \begin{cases} 1 \text{ Si l'activité } i \text{ doit être réalisé avant l'activité } j \text{ pour le patient } \#p, \\ 0 \text{ Si aucun ordre sur les activités } i \text{ et } j \text{ ,} \end{cases}$$

2.3.2 Variables décision

Nous définissons les variables de décision relatives au séquencement des activités pour un même soignant, celles relatives au séquencement des activités pour le même patient, et les variables permettant de déterminer l'heure de début de chaque activité de soins.

t_i, variable entière qui représente l'heure de réalisation de l'activité « #i »,

x_{ijs}, variable binaire qui permet le séquencement des activités « *i* » et « *j* » réalisées par le soignant « s », telle que :

$$x_{ijs} = \begin{cases} 1 \text{ Si l'activité } i \text{ est réalisée avant l'activité } j \text{ par le soignant s,} \\ 0 \text{ Sinon} \end{cases}$$

z_{ijp}, variable binaire qui permet le séquencement des activités « *i* » et « *j* » pour le patient « *#p* », telle que :

$$z_{ijp} = \begin{cases} 1 \quad \text{Si l'activité } i \text{ est réalisée avant l'activité } j \text{ pour le patient } p, \\ 0 \text{ Sinon} \end{cases}$$

Nous avons considéré que la patient « *#1* » est un patient fictif qui représente la structure d'HAD, pour lequel nous affectons l'activité « *1* » qui représente le départ des soignants de la structure d'HAD ($A_{11} = 1$), pour cela, les initialisations suivantes sont nécessaires :

- Tous les soignants commencent leur tournée à partir de la structure d'HAD, pour cela le patient « #1 » devrait être affecté à tous les soignants ($B_{1s} = 1 \ \forall s \in S$),
- La structure d'HAD est ouverte durant toute la journée de travail, par conséquent, l'heure de début au plus tôt et de fin au plus tard de disponibilité du patient « #1 » sont respectivement le début et la fin de la journée de travail ($r_1 = 0$ et $d_1 = H$, avec H heure de fin de la journée de travail),
- Chaque soignant commence sa tournée le début de la journée de travail ($t_1 = 0$). La durée de l'activité « 1 » est nulle ($p_1 = 0$),

2.3.3 Modélisation mathématique

Dans ce qui suit, nous présentons la modélisation mathématique sous forme d'un Programme Linéaire mixte à Nombre Entier (PLNE) pour le problème d'ordonnancement d'activités des soignants en HAD. Nous allons présenter dans la suite des principales contraintes que nous structurons en plusieurs groupes, et une fonction d'objectif similaire à celle développée pour le modèle basé sur les m-TSPC.

(1) Contraintes de respect de la journée de travail et les disponibilités des patients

Ces contraintes permettent le respect des horaires de travail, qui est équivalent au respect des disponibilités du patient fictif *#1* (la structure d'HAD). Le début de chaque activité de soins doit respecter les disponibilités des patients. D'où les contraintes (1) à (4)

$$t_i \geq r_1 \qquad \forall i \in A \qquad (1)$$

$$(t_i + p_i) + \sum_{p=1}^{|N|} td_{p1} \times A_{ip} \leq d_1 \qquad \forall i \in A\backslash\{1\} \qquad (2)$$

$$t_i \times A_{ip} \geq r_p \qquad \forall i \in A\backslash\{1\}, \forall p \in N\backslash\{1\} \qquad (3)$$

$$(t_i + p_i) \times A_{ip} \leq d_p \qquad \forall i \in A\backslash\{1\}, \forall p \in N\backslash\{1\} \qquad (4)$$

(2) Contraintes de séquencement des activités pour chaque soignants/patient

Ces contraintes se décomposent en trois groupes, i.e. séquencement des activités pour chaque soignant, pour chaque patient et les contraintes de coordination qui permettent d'imposer un ordre partiel sur les activités d'un même patient.

- Contraintes de séquencement des activités des soignants

Chaque soignant doit assurer une tournée sur les patients afin de réaliser l'ensemble des activités de soins, tout en commençant et en terminant dans la structure d'HAD (patient 1 dans notre modélisation). En outre, deux activités ne peuvent pas être réalisées simultanément et doivent être réalisées l'une après l'autre. D'où les contraintes (5) à (11).

$$\sum_{i=1}^{|A|} x_{ijs} \leq B_{js} \qquad \forall j \in A, \forall s \in S \qquad (5)$$

$$\sum_{j=1}^{|A|} x_{ijs} \leq B_{is} \qquad \forall i \in A, \forall s \in S \qquad (6)$$

$$\sum_{i=1}^{|A|}\sum_{j=1}^{|A|} x_{ijs} = NaS_s \qquad \forall s \in S \qquad (7)$$

$$x_{iis} = 0 \qquad \forall i \in A, \forall s \in S \qquad (8)$$

$$\sum_{i=1}^{|A|} x_{1is} = 1 \qquad \forall s \in S \qquad (9)$$

$$\sum_{i=1}^{|A|} x_{i1s} = 1 \qquad \forall s \in S \qquad (10)$$

$$(t_i + p_i) \times B_{is} + \sum_{p=1}^{|N|}\sum_{q=1}^{|N|} td_{pq} \times A_{ip} \times A_{jq} - M \times (1 - x_{ijs}) \leq t_j \times B_{js} \qquad \forall i, j \in A\ (i \neq j, j \neq 1),\ \forall s \in S \qquad (11)$$

- **Contraintes de séquencement des activités de chaque patient**

Les activités de soin à réaliser pour un patient, doivent être séquencées de façon à éviter les chevauchements entre elles. Nous aboutissons aux contraintes (12) à (15) suivantes.

$$\sum_{i=1}^{|A|} z_{ijp} \leq A_{jp} \qquad \forall j \in A, \forall p \in N \qquad (12)$$

$$\sum_{j=1}^{|A|} z_{ijp} \leq A_{ip} \qquad \forall j \in A, \forall p \in N \qquad (13)$$

$$\sum_{i=1}^{|S|}\sum_{j=1}^{|S|} z_{ijp} = NaP_p - 1 \qquad \forall p \in N \qquad (14)$$

$$(t_i + p_i) - M \times (1 - \sum_{p=1}^{|N|} z_{ijp}) \leq t_j \qquad \forall i, j \in A\ (i \neq j) \qquad (15)$$

- **Coordination entre visites de soins**

Les contraintes (16) permettent le respect de la coordination des soins ou ordre imposé entre les activités d'un patient. Ces contraintes s'écrivent au moyen de la donnée binaire, qui définit l'ordre de passage à imposer sur les visites (soignant), y_{ijp} dans notre cas, et une constante suffisamment grande *M*,

$$(t_i + p_i) - M \times (1 - \sum_{p=1}^{|N|} y_{ijp}) \leq t_j \qquad \forall i, j \in A\ (i \neq j) \qquad (16)$$

Les contraintes (17), (18) et (19) représentent les domaines de définition des différentes variables,

$$x_{ijs}, z_{ijp} \in \{0, 1\} \qquad \forall i, j \in N, \forall s, r \in S \qquad (17)$$

$$t_{is} \geq 0 \qquad \forall i \in N, \forall s \in S \qquad (18)$$

$$z_{iip} = 0, x_{iis} = 0 \qquad \forall i \in A, \forall p \in N \qquad (19)$$

Ce modèle centré sur les patients, a pour objectif de réduire les temps de déplacement et d'attente. La fonction d'objectif permet de minimiser les déplacements et attentes des soignants. Nous exprimons cette dernière à travers la fonction (1.2) suivante,

$$Min\left\{\sum_{s=1}^{|S|} trajet_s + \sum_{i=1}^{|A|}\sum_{j=1}^{|A|}\sum_{s=1}^{|S|} att_{ijs}\right\} \qquad (1.2)$$

Tel que :

$$trajet_s = \sum_{i=1}^{|A|}\sum_{j=1}^{|A|} x_{ijs} \times \sum_{p=1}^{|N|}\sum_{q=1}^{|N|} td_{pq} \times A_{ip} \times A_{jq} \qquad \forall s \in S \qquad (20)$$

$$att_{ijs} \geq t_j - \left(t_i + p_i + \sum_{p=1}^{|N|}\sum_{q=1}^{|N|} td_{pq} \times A_{ip} \times A_{jq}\right) - M \times (1 - x_{ijs}) \qquad \forall i, j \in A\ (i \neq j, j \neq 1), \forall s \in S \qquad (21)$$

2.4 Comparaison entre les approches m-TSPC et RCPSP

Les tests sur les deux approches (basées sur les m-TSPC et RCPSP), ont révélé une variabilité en termes de performance entre les deux approches. Pour cela, il est intéressant de développer un ensemble de plans de tests pour évaluer la performance des deux approches. Ces plans de tests nous permettront d'identifier pour quelles classes de problématiques chaque approche est la plus pertinente.

Dans ce qui suit, nous réalisons un ensemble de tests permettant de comparer les deux méthodes de résolution proposées (notre modèle original basés sur les m-TSPC et celui basé

sur les RCPSP), afin de les classer et d'identifier quelles étaient les problématiques pour lesquelles ils étaient les plus pertinentes. Pour cela nous allons présenter les résultats de simulation des modèles, variant le ratio entre 2 et 7, et des complexités des contraintes de dépendances temporelles de 20 % et 30 %. Pour cet ensemble de tests, nous avons décidé d'arrêter les simulations après 02 h 30 min de calcul, tout en récupérant les résultats (réalisables) obtenus. Le tableau 19 illustre les résultats relatifs aux tests pour une dépendance temporelle fixée à 20 %.

	Ratio = 2		**Ratio = 3**		**Ratio = 4**		**Ratio = 5**		**Ratio = 6**		**Ratio = 7**	
m-TSPC												
	Dép	**Att**	**Dép**	**Att**	**Dép**	**Att**	**Dép**	**Att**	**Dép**	**Att**	**Dép**	**Att**
Total	690	00	835	45	1035	80	1215	250	1275	715	1370	895
Temps de calcul	1 sec		19 min		1 h 21 min		Arrêt 2h30		Arrêt 2h30		Arrêt 2h30	
RCPSP												
	Dép	**Att**	**Dép**	**Att**	**Dép**	**Att**	**Dép**	**Att**	**Dép**	**Att**	**Dép**	**Att**
Total	690	00	835	45	885	230	1335	565	1515	1105	**Pas de sol**	
Temps de calcul	1 sec		10 min		1 h 19 min		Arrêt 2h30		Arrêt 2h30		Arrêt 2h30	

Tableau 19. Comparaison des approches m-TSPC et RCPSP

Le tableau 20 résume les résultats obtenus lorsque l'on fait varier le ratio entre 2 et 7, pour une dépendance temporelle fixée à 30 %.

	Ratio = 2		**Ratio = 3**		**Ratio = 4**		**Ratio = 5**		**Ratio = 6**		**Ratio = 7**	
m-TSPC												
Total	**Dép**	**Att**	**Dép**	**Att**	**Dép**	**Att**	**Dép**	**Att**	**Dép**	**Att**	**Dép**	**Att**
	690	35	835	45	1025	175	1215	250	1275	715	1615	850
Temps de calcul	1 sec		34 min		1 h 48 min		Arrêt 2h30		Arrêt 2h30		Arrêt 2h30	
RCPSP												
Total	**Dép**	**Att**	**Dép**	**Att**	**Dép**	**Att**	**Dép**	**Att**	**Dép**	**Att**	**Dép**	**Att**
	690	35	835	45	990	210	1285	565	1515	1105	**Pas de sol**	
Temps de calcul	1 sec		23 min		1 h 45 min		Arrêt 2h30		Arrêt 2h30		Arrêt 2h30	

Tableau 20. Comparaison des approches m-TSPC et RCPSP

L'ensemble des résultats présentés prouvent que l'approche basée sur les RCPSP présente une performance meilleure lorsqu'il s'agit d'instances avec des ratios « nombre de visite de soins / soignant » moins importants. Cette performance diminue considérablement en

augmentant ce ratio. En revanche, l'approche basée sur les m-TSPC semble mieux adaptée aux problématiques avec une valeur du ratio plus importante. Cela est mis en évidence au niveau des tableaux 19 et 20, dont nous remarquons qu'au fur et à mesure de l'augmentation du ratio « nombre de visite de soins / soignant », l'approche basée sur les m-TSPC présente une optimisation plus performante des tournées (déplacements et attentes des soignants).

3 Etude et comparaison des complexités des approches m-TSPC et RCPSP proposées

Les expériences précédentes ont mis en évidence que les approches basées sur les m-TSPC et celles basées sur les RCPSP, aboutissent à des tournées de qualités identiques. L'approche basée sur les RCPSP présente une performance meilleure, lorsqu'il s'agit d'un ratio « nombre de visite de soins / soignant » moins importants. En revanche, la performance de cette dernière approche diminue drastiquement en augmentant ce ratio, i.e. des temps de calcul plus considérables avant l'obtention d'un résultat optimal.

Afin de vérifier ces hypothèses et résultats expérimentaux, nous avons abordé une étude théorique en calculant de la complexité structurelle des deux approches. Le nombre de contraintes pour les deux modèles sont représentés par les équations suivantes.

$$Complexité\ m-TSPC\ =\ (N \times S) \times (4\,N + 2\,S + 15) + 2\,S + N$$

$$Complexité\ RCPSP =\ 2\,A^2 \times (S+1) + A \times (4\,N + 3\,S + 2) + 4\,S + N$$

Puis, nous réalisons une analyse de la complexité structurelle comparée des deux modèles (m-TSPC et RCPSP), en posant les deux hypothèses suivantes :

1. Le nombre d'activités « A » est toujours supérieur ou égal au nombre des patients « N », il s'agit ici de patients avec des soins complexes. Sinon, la valeur minimale pour le nombre d'activités « A » est « N » (une activité par patient), il s'agit ici de soins simples.
2. Le nombre des soignants « S » est inférieur ou égal au nombre des patients « N ». Le cas le plus simple d'une HAD est l'utilisation des IDEL (infirmiers libéraux) pour la réalisation des soins, le nombre des soignants « S » dans ce cas est égale à « N » et aucune recherche de tournées pour les soignants n'est nécessaire dans ce cas.

En se basant sur ces hypothèses, nous allons réaliser un ensemble de tests, afin de comparer la complexité des modèles. Cette analyse se déroule en trois situations.

1. 1ère Situation :

Il s'agit de la situation la plus défavorable, nous considérons à ce niveau que, $A = N$ (i.e. chaque patient n'a qu'une activité de soins), et nous considérons ainsi que $S = N$ (un patient par soignant).

2. 2ème Situation :

Dans ce cas nous allons considérer l'hypothèse que, $A = 2\ N$ et $S = N$, cela veut dire que les soignants réaliseront des tournées constituées de deux visites chacun.

3. 3ème Situation :

Dans cette troisième situation nous considérons que, $A = 2\ N$ et $N = 2\ S$, les soignants dans ce cas réaliseront chacun une tournée constituée de quatre visites.

Le tableau 21 résume les formules de complexité relatives à chaque situation.

	Modèle m-TSPC	**Modèle RCPSP**
1ère Situation	$6\ N^3 + 15\ N^2 + 3\ N$	$2\ N^3 + 9\ N^2 + 7\ N$
2ème Situation	$6\ N^3 + 15\ N^2 + 3\ N$	$8\ N^3 + 22\ N^2 + 9\ N$
3ème Situation	$\frac{5}{2}\ N^3 + \frac{15}{2}\ N^2 + 2\ N$	$4\ N^3 + 19\ N^2 + 7\ N$

Tableau 21. Etude de complexité structurelle des modèles m-TSPC et RCPSP

Le tableau 21 met en évidence que les modèles basées sur les RCPSP sont moins complexes que les approches basées sur les m-TSPC, lorsque le ratio « nombre de visite de soins / soignant » est moins important (situation 1). Cette complexité s'inverse de plus en plus en augmentant le ratio « nombre de visite de soins / soignant ». Les approches basées sur les m-TSPC deviennent plus avantageuses en termes de complexité dans cette situation (situation 3).

Conclusion

Dans ce chapitre nous nous sommes focalisés sur une problématique particulière pouvant intéresser les établissements d'HAD, à savoir la gestion des activités de soins et des ressources humaines, sous contraintes de dépendances temporelles. Nous avons proposé pour la résolution de cette problématique deux modélisations concurrentes, basées sur la Programmation Linéaire en Nombres Entiers (PLNE). La première est basée sur des approches de type « multi voyageurs de commerce coordonnés – m-TSPC » et la deuxième est basées sur des approches de type« ordonnancement de projets avec contraintes de ressources - RCPSP ». Les modèles développés sont utilisés pour minimiser les temps improductifs, i.e. les déplacements et attentes des soignants.

La résolution par ces deux modèles nous a permis de vérifier l'hypothèse que la complexité de la problématique de gestion des activités en HAD, s'exprimait suivant deux axes que nous avons définis au chapitre précédent, à savoir le ratio « nombre de visite de soins / soignant » et la complexité des contraintes de dépendances temporelles (de type coordination). La comparaison des modèles a permis d'identifier pour quelles classes de problématiques chacun d'entre eux est le plus pertinent. En effet, les approches basées sur les RCPSP présentent une meilleure performance lorsqu'il s'agit d'instances avec un faible ratio « nombre de visite de soins / soignant ». Cette performance diminue considérablement en augmentant ce ratio. A contrario, l'approche basée sur les m-TSPC semble mieux adaptée aux problématiques avec un ratio plus important.

Les approches de type RCPSP et m-TSPC permettent d'atteindre des solutions de très bonnes qualités, en revanche, les temps de calcul pour obtenir cette ou ces solutions sont importants. Afin de réduire les temps de calculs qui augmentent de manière exponentielle en fonctions des axes de complexité du problème, il est possible d'utiliser des approches heuristiques ou méta heuristiques. Ces approches permettent de résoudre cette problématique sans garantie d'optimalité. Cependant, les solutions obtenues permettent d'obtenir un bon compromis entre qualité de la solution et le temps de calcul permettant la mise en œuvre de ce type d'outils d'aide à la décision dans le contexte d'une HAD. Ainsi, nous proposons d'aborder dans le chapitre suivant une approche heuristique pour résoudre cette problématique.

CHAPITRE 4

HEURISTIQUE POUR LA RESOLUTION DU PROBLEME DE GESTION DES ACTIVITES EN HAD

Chapitre IV. HEURISTIQUE POUR LA RESOLUTION DU PROBLEME DE GESTION DES ACTIVITES EN HAD

Introduction

Les méthodes de résolution exactes permettent d'obtenir à coup sûr une ou plusieurs solutions dont l'optimalité est garantie, mais dans certaines situations, on peut accepter des solutions de bonne qualité, mais sous optimales, au profit d'un temps de calcul réduit. On utilise pour cela des méthodes approchées, telles que les heuristiques ou métaheuristiques (recherche tabou, algorithmes génétiques, recuit simulé …), adaptée à la problématique de gestion d'activités en HAD.

Dans ce chapitre, nous allons développer une heuristique originale pour la résolution de cette problématique d'optimisation. L'objectif est d'obtenir une heuristique qui présente une performance en termes de qualité de solutions sensiblement identique à celles des méthodes exactes avec des temps de calculs raisonnables pour la résolution de problèmes de tailles réelles. Après la présentation de l'heuristique, celle-ci sera testée sur un ensemble d'instances et de données afin de la comparer aux outils basés sur les méthodes exactes.

1 Les méthodes heuristiques pour la résolution des problématiques d'optimisation combinatoire

De nombreux problèmes d'optimisation issus du monde réel, notamment dans le domaine de la logistique, sont caractérisés par des espaces de solutions vastes et complexes et de multiples fonctions objectifs multicritères. Les méthodes approchées telles que les heuristiques (du verbe grec heuriskein, qui signifie « trouver ») et les méta-heuristiques sont des candidates naturelles pour résoudre ces problèmes, ce qui les rend compétitives avec les approches de résolution classiques Liefooghe et al (2009). Cette compétitivité est liée à la performance et l'efficience de chaque approche pour la résolution des problématiques. L'efficacité des méthodes approchées est liée à la manière dont ces dernières explorent l'espace des solutions. En effet, les heuristiques permettent de guider le processus dans sa recherche des solutions.

(Feignebaum et Feldman 1963) définissent une heuristique comme une règle d'estimation, une stratégie, une astuce, une simplification, ou toute autre sorte de système qui limite drastiquement la recherche des solutions dans l'espace des solutions possibles. (Newell et al. 1957) précisent qu'un processus heuristique peut résoudre un problème donné, mais n'offre pas la garantie de le faire. Dans la pratique, certaines heuristiques sont connues et ciblées sur un problème particulier.

La métaheuristique, se place à un niveau plus général encore, et intervient dans toutes les situations où aucune heuristique efficace ne peut résoudre un problème donné. (Osman et Laporte 1996) définissaient la métaheuristique comme *« un processus itératif qui subordonne et qui guide une heuristique, en combinant intelligemment plusieurs concepts pour explorer et exploiter tout l'espace de recherche. Des stratégies d'apprentissage sont utilisées pour structurer l'information afin de trouver efficacement des solutions optimales, ou presque-optimales »*.

En 2006, le réseau « Metaheuristics (metaheuristics.org) » définit les métaheuristiques comme *« un ensemble de concepts utilisés pour définir des méthodes heuristiques, pouvant être appliquées à une grande variété de problèmes. On peut voir la métaheuristique comme une boîte à outils algorithmique, utilisable pour résoudre différents problèmes d'optimisation, et ne nécessitant que peu de modifications pour qu'elle puisse s'adapter à un problème particulier »*. Elle a donc pour objectif d'être programmée et testée rapidement sur un problème.

Comme l'heuristique, la métaheuristique n'offre généralement pas de garantie d'optimalité, bien que nous puissions démontrer la convergence de certaines d'entre elles. Non déterministe, elle incorpore souvent un principe stochastique pour surmonter l'explosion combinatoire. Elle fait parfois usage de l'expérience accumulée durant la recherche de l'optimum, pour mieux guider la suite du processus de recherche.

Les métaheuristiques n'étant pas spécifiques à la résolution d'un type défini de problème, leur classification reste assez arbitraire. Selon (Bontoux et al 2008) nous pouvons distinguer deux types :

a) Les approches « trajectoire »

Ces algorithmes partent d'une solution initiale (obtenue de façon exacte, ou par tirage aléatoire) et s'en éloignent progressivement, pour réaliser une trajectoire, un parcours progressif dans l'espace des solutions. Dans cette catégorie, se rangent :

- la méthode de descente,
- le recuit simulé,
- la méthode Tabou,
- la recherche par voisinage variable.

Le terme de recherche locale est de plus en plus utilisé pour qualifier ces méthodes.

b) Les approches « population » (ou évolutionnaires)

Ces approches consistent à travailler avec un ensemble de solutions simultanément, que l'on fait évoluer graduellement. L'utilisation de plusieurs solutions simultanément permet naturellement d'améliorer l'exploration de l'espace des configurations. Dans cette seconde catégorie, on recense :

- les algorithmes génétiques,
- les algorithmes par colonies de fourmis,
- l'optimisation par essaim particulaire,
- les algorithmes à estimation de distribution,

- le path relinking (ou chemin de liaison).

Notons que ces métaheuristiques évolutionnaires seront probablement plus gourmandes en termes de calculs. La Figure 12 illustre une classification des méthodes de résolution pour l'optimisation combinatoire.

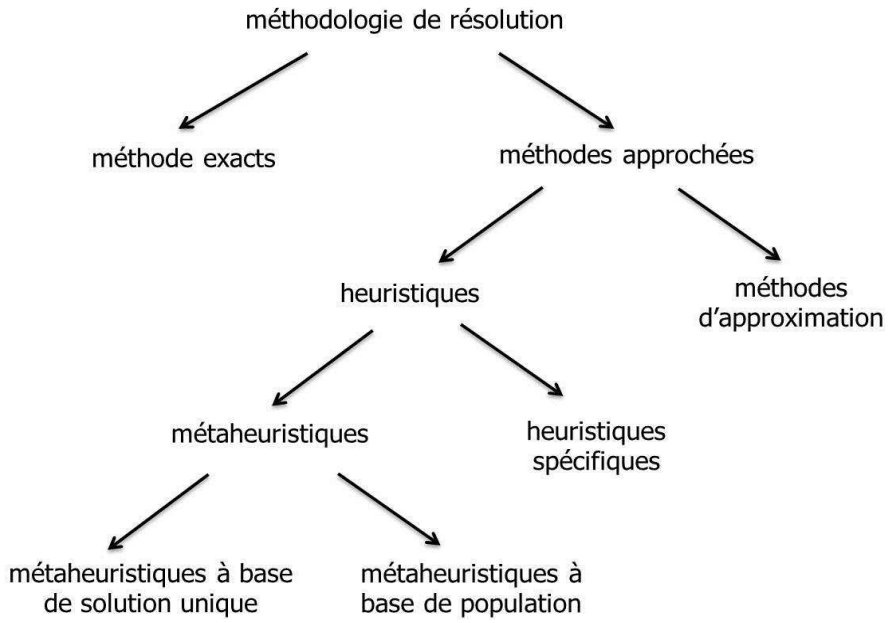


Figure 12. Classification des méthodes de résolution pour l'optimisation combinatoire (Ben Ismail et al, 2012)

2 Approche heuristique pour la problématique de planification d'activités en HAD

Notre problématique consiste en la génération d'un tour (route) pour chaque soignant salarié d'une structure d'HAD. Les contraintes, les hypothèses de fonctionnement prises en compte ainsi que les objectifs d'optimisation sont identiques à ceux définis au chapitre précédent. Pour résoudre cette problématique d'optimisation tout en minimisant les temps de calcul, nous avons opté pour une résolution heuristique inspirée de la modélisation basée sur les m-TSPC. Cette méthode est constructive, car elle permet de décomposer le problème en deux sous problématiques. La résolution des deux sous problèmes, se fait d'une manière séquentielle, en deux phases. Nous détaillons dans la suite les algorithmes relatifs à chaque phase.

3 Heuristique pour la résolution du problème de gestion des activités en HAD

Nous détaillons dans la suite l'approche générale ainsi que les pseudos algorithmes de notre heuristique.

3.1 Approche générale et pseudo code de l'heuristique

L'approche proposée procède en deux phases, la première phase vise à construire les tournées optimales pour chaque soignant (i.e., les tournées avec des déplacements minimales), tout en relaxant les contraintes de précédence et de coordination. La deuxième phase permet d'intégrer les contraintes relaxées pour construire la solution finale satisfaisant l'ensemble des hypothèses du problème. La technique utilisée pour cette phase ressemble aux algorithmes gloutons, qui permettent la construction d'une solution en se ramenant à une suite de décisions prises à chaque étape en fonction d'un critère local et sans remettre en question les décisions déjà prises.

L'heuristique proposée ne prend pas en compte les contraintes de disponibilités des patients car nous considérons que ces contraintes ne constituent pas un axe de complexité pour la problématique de planification d'activités en HAD.

3.1.1 Première phase – construction des tournées optimales

Dans cette première phase, nous procédons à la construction des tournées optimales. Cette étape garantit une optimalité parfaite en termes de déplacements des soignants, car elle se base sur une énumération de l'ensemble des tournées pour chaque soignant, et ensuite sélectionne la tournée de durée minimale.

Une fois l'ordre de passage des soignants chez les patients établi, nous déterminons les heures de passages des soignants auprès des patients. Pour cette affectation des heures de passage, les contraintes de précédence, de coordination sont relaxées. L'Algorithme 1 résume cette phase 1 de l'heuristique. Les résultats de cette phase permettent d'obtenir une première solution (borne inférieure).

Début

Pour chaque soignant *« s »*

1) Construire l'ensemble des tournées possibles du soignant *« s »* ;
2) Calculer les durées de déplacements de chaque tournée de *« s »* ;
3) Sélectionner la tournée optimale (déplacements minimales) ;
4) Construire les dates de soins de la tournée minimale ;

Fin pour

Fin

Algorithme 1. Phase 1

3.1.2 Deuxième phase – intégration des contraintes de précédences et de dépendances temporelles pour les patients

L'objectif de la seconde phase est l'introduction des contraintes de précédence entre les visites et les contraintes de dépendances temporelles (coordination). Pour cela, nous partons des solutions finales de la première phase qui correspondent à la solution de borne inferieure. Pour chaque patient nous allons vérifier si l'ensemble des contraintes de précédences et de coordination sont respectées. Si ce n'est pas le cas, par exemple, deux activités d'un même patient se chevauchent, ou s'il elles ne se réalisent pas dans l'ordre qui est imposé, il sera nécessaire de décaler une activité pour éliminer le chevauchement ou permuter des activités. Dans les exemples suivants nous le présentons comment l'heuristique procède pour éliminer les conflits et satisfaire les contraintes.

La Figure 13 résume un exemple d'élimination des chevauchements entre les activités de trois patients (*p 1, p 2 et p 3*). La situation de départ montre qu'il existe les chevauchements *« α »* et *« β »* entre les activités du patient *p 1*. L'heuristique procède en premier par l'élimination du chevauchement *« α »*, cette élimination conduit dans la suite à la propagation sur l'ensemble des patients du soignant *« S2 »* (*p 2 et p 3*) afin maintenir une tournée faisable (temps de soins et déplacements). L'heuristique procède dans la suite à l'élimination du chevauchement *« β »*. Cet ensemble de corrections engendrent au fur et à mesure d'autres chevauchements. L'heuristique reboucle jusqu'à obtenir un planning faisable.

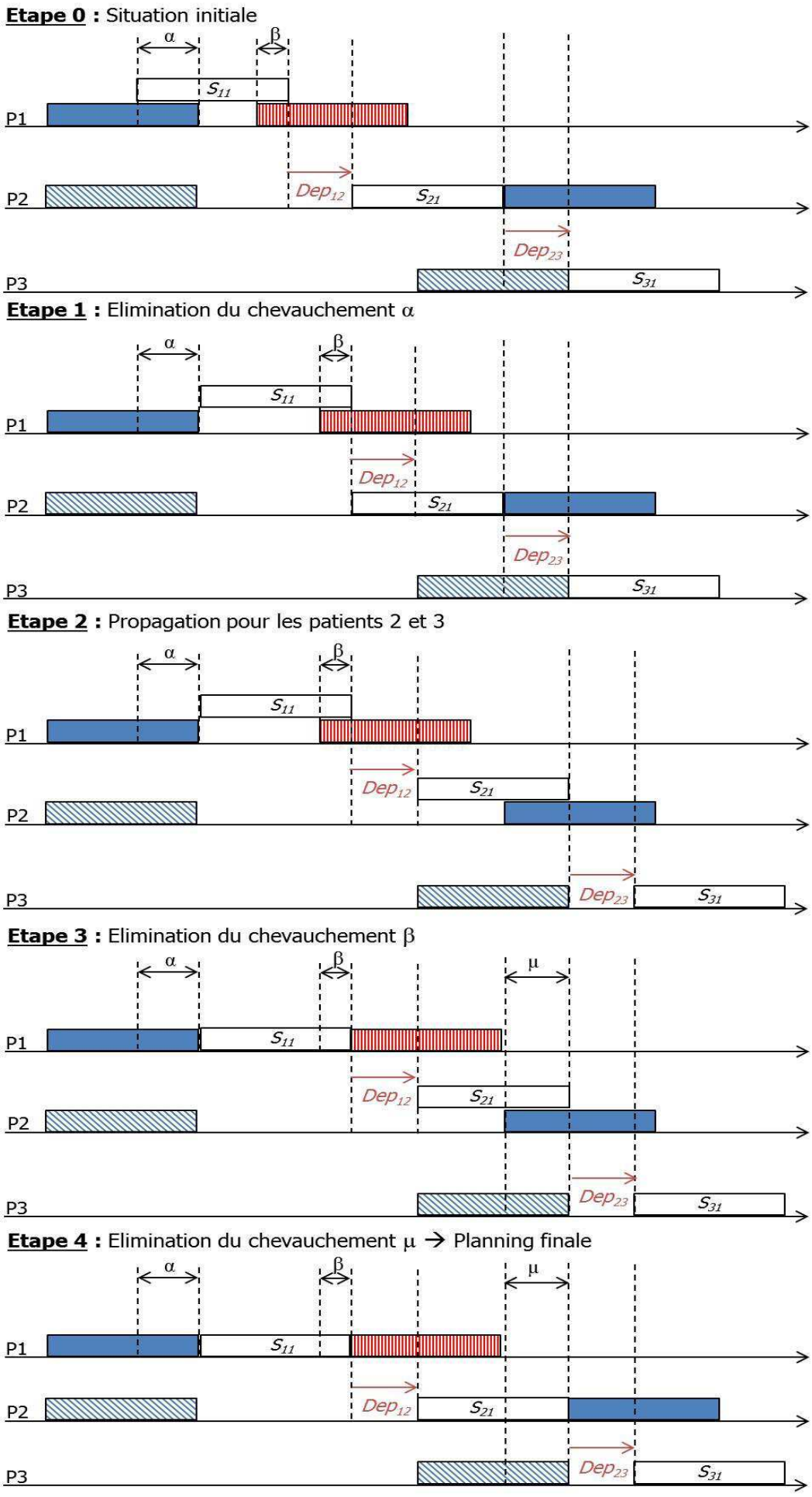


Figure 13. Exemple d'introduction des contraintes de précédences entre les activités d'un patient

L'exemple illustré dans la Figure 13 ne considère pas les dépendances temporelles. Dans la Figure 14, nous illustrons la procédure de correction des séquences de visites des patients et des tournées de soignants, tout en considérant une dépendance temporelle, i.e. pour le patient *p 1*, la visite du soignant « *S2* » doit être réalisée avant celle du soignant « *S1* ». L'heuristique procède par la permutation des deux visites des soignants « *S1* » et « *S2* » afin de respecter l'ordre de soins imposé dans le projet thérapeutique. Cette permutation engendre une perturbation sur la tournée du soignant « *S1* », qui sera corrigée afin maintenir une tournée faisable (temps de soins et déplacements). Cet ensemble de corrections engendre le chevauchement « α », qui sera quant à lui éliminé (la procédure d'élimination des chevauchements est illustré dans la Figure 13).

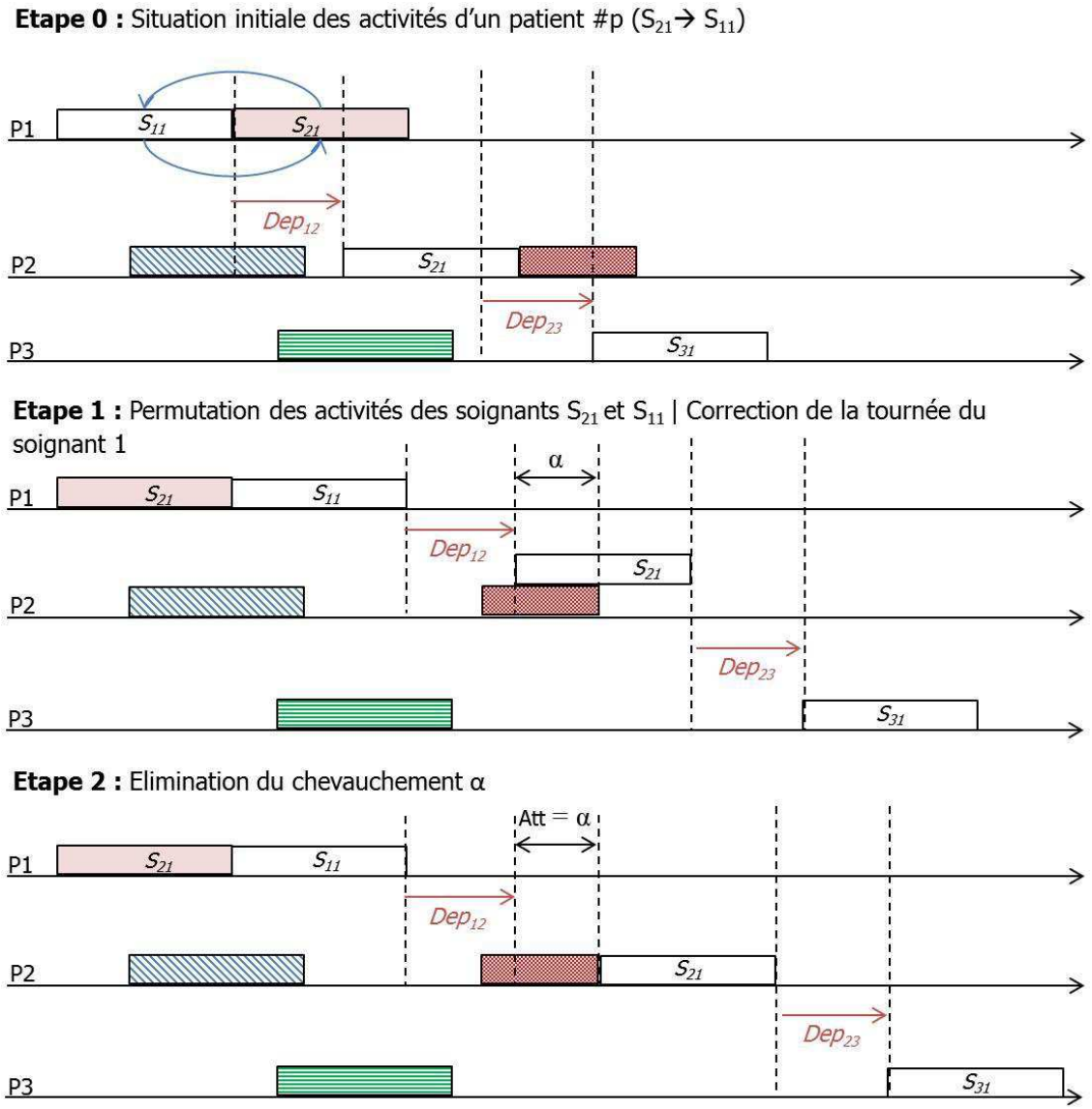


Figure 14. Exemple de correction des dépendances temporelles et de précédences entre activités

L'heuristique proposée procède donc en parcourant l'ensemble des patients, jusqu'à génération du planning final. Par ailleurs, l'ordre de parcours des patients influence fortement la recherche de solution et par conséquence la qualité des tournées pour les soignants. Pour éviter, cet effet indésirable, et assurer la recherche d'une solution de qualité, cette seconde phase sera réalisée autant de fois qu'il y a de combinaisons d'ordre de choix des patients. Ainsi si nous avons « *N* » patients, nous générons « *N !* » expériences de recherche de solutions. Le pseudo Algorithme 2 résume la deuxième phase de l'heuristique.

Début

Pour *p* dans *N*

Répéter

Si les activités chevauchent

1) Décaler une activité pour éliminer le chevauchement ;

Fin Si

Pour *chaque changement qui concerne un soignant « s » du patient #p*

2) Vérifier et corriger la tournée du soignant *« s »* (séquencer les visites de soins tout en intégrant les durées de soins et des durées de déplacements) ;
3) A chaque correction pour le soignant *« s »* vérifier et corriger les contraintes de coordination ;

Fin pour

Jusqu'à *(contraintes de précédence et de coordination non vérifiées)*

Fin pour

Fin

Algorithme 2. Phase 2

4 Expérimentations

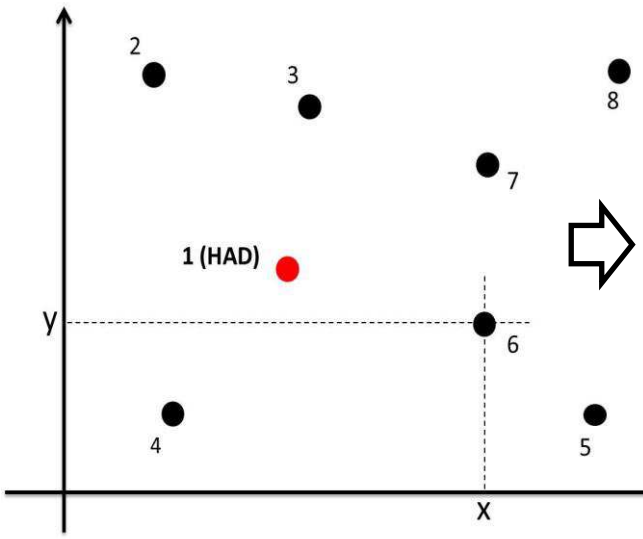
Cette expérimentation a pour objectif de vérifier les performances de l'heuristique proposée, puis de les comparer aux résultats obtenus par les approches classiques. L'heuristique proposée permet de produire « *N !* » solutions (« *N* » ensemble des patients). Comme cette génération de solutions est chronophage, nous allons montrer que la génération d'un

échantillon de solutions permet d'obtenir des solutions de bonne qualité, dans des temps de calcul raisonnables. Nous allons également étudier l'impact des contraintes de dépendances temporelles (de type coordination) sur la complexité de résolution de l'heuristique.

4.1 Génération des données

Pour l'expérimentation de cette heuristique nous utilisons un ensemble d'instances de tailles variables (petites, moyennes et grandes), générées dans une application développée en C++.

Pour générer les jeux de tests nous avons gardé l'ensemble des hypothèses considérées pour le développement des approches classiques (cf. section 2 du chapitre 3). L'affectation des patients aux soignants se fait aléatoirement, tout en conservant un ratio « nombre de visite de soins / soignant » unique pour l'ensemble des soignants. Nous considérons que la variabilité de la durée du soin n'est pas un facteur dominant de complexité, pour cela nous avons opté pour des durées de 25 minutes pour les activités de soins. Les distances entre patients sont générées à partir des coordonnées dans un repère cartésien, un exemple est présenté au niveau de la Figure 15.



	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	0	15	45	15	25	20	30	25
P2	15	0	20	25	20	25	15	30
P3	45	20	0	30	40	15	25	30
P4	15	25	30	0	20	15	30	25
P5	25	20	40	20	0	25	15	20
P6	20	25	15	15	25	0	30	20
P7	30	15	25	30	15	30	0	15
P8	25	30	30	25	20	20	15	0

Figure 15. Génération des distances entre patients à partir d'un repère euclidien

4.2 Résultats

4.2.1 1ère instance (10 soignants, 10 patients, R = 5)

Cette instance est composée de 10 patients, 10 soignants. Le ratio « nombre de visite de soins / soignant » est égale à 5 (i.e. 5 activités de soins pour chaque soignant). Nous avons exécuté notre heuristique pour différents niveaux de complexité des dépendances temporelles. Comme notre heuristique permet de produire autant de solutions qu'il y a de combinaisons de patients, nous exécutons la résolution cette dernière jusqu'à l'obtention de l'ensemble des solutions possibles. Les tableaux 22 à 27 illustrent la moyenne et l'écart type des déplacements et attentes des soignants, ainsi que la meilleure tournée obtenue (i.e. minimum de déplacements et attentes).

- **Test 1 - Complexité des dépendances temporelles fixée à 0 %**

	Déplacements		**Attentes**		**Meilleure tournée**		**Temps de calcul**	**Résultats de l'approche exacte**	
Nombre d'itérations	Moy-enne	Ecart type	Moy-enne	écart type	Deplac-ements	Attentes		Deplac-ements	Attentes
3 628 800 it (100%)	1105	0	340	62	**1105**	**210**	6 min	**1190**	**125**
1 814 400 it (50%)	1105	0	358	62	**1105**	**210**	3 min		
1 451 520 it (40%)	1105	0	366	60	1105	240	X		
1 088 640 it (30%)	1105	0	359	60	1105	240	X	Solution optimale 06h56min	
725 760 it (20%)	1105	0	364	61	1105	240	X		
362 880 it (10%)	1105	0	377	60	1105	240	35 sec		

Tableau 22. Résultats heuristique versus approche classique – test 1

- **Test 2 - Complexité des dépendances temporelles fixée à 20 %**

	Déplacements		**Attentes**		**Meilleure tournée**		**Temps de calcul**	**Résultats de l'approche exacte**	
Nombre d'itérations	Moy-enne	Ecart type	Moy-enne	écart type	Deplac-ements	Attentes		Deplac-ements	Attentes
3 628 800 it (100%)	1198	12	398	79	**1190**	**130**	6 min	**1190**	**125**
1 814 400 it (50%)	1198	12	406	78	**1190**	**130**	3 min		
1 451 520 it (40%)	1198	12	410	78	**1190**	**130**	X		
1 088 640 it (30%)	1198	12	415	78	**1190**	**130**	X	Solution optimale 08h06min	
725 760 it (20%)	1198	12	420	64	1200	210	X		
362 880 it (10%)	1198	12	432	61	1190	225	35 sec		

Tableau 23. Résultats heuristique versus approche classique – test 2

- **Test 3 - Complexité des dépendances temporelles fixée à 30 %**

	Déplacements		Attentes		Meilleure tournée		Temps de calcul	Résultats de l'approche exacte (8h30 de calcul)	
Nombre d'itérations	Moy-enne	Ecart type	Moy-enne	écart type	Deplac-ements	Attentes		Deplac-ements	Attentes
3 628 800 it (100%)	1243	31	460	144	**1195**	**125**	6 min	1230	140
1 814 400 it (50%)	1246	32	458	146	**1195**	**125**	3 min		
1 451 520 it (40%)	1252	30	479	146	**1195**	**135**	X		
1 088 640 it (30%)	1254	32	495	146	**1195**	**135**	X		
725 760 it (20%)	1259	31	521	150	**1195**	**135**	X		
362 880 it (10%)	1276	18	573	128	1260	160	35 sec		

Tableau 24. Résultats heuristique versus approche classique – test 3

- **Test 4 - Complexité des dépendances temporelles fixée à 50 %**

	Déplacements		Attentes		Meilleure tournée		Temps de calcul	Résultats de l'approche exacte (8h30 de calcul)	
Nombre d'itérations	Moy-enne	Ecart type	Moy-enne	écart type	Deplac-ements	Attentes		Deplac-ements	Attentes
3 628 800 it (100%)	1251	32	584	192	**1205**	**235**	6 min	1190	515
1 814 400 it (50%)	1258	32	612	176	**1205**	**255**	3 min		
1 451 520 it (40%)	1261	31	626	177	**1250**	**215**	X		
1 088 640 it (30%)	1262	32	636	182	**1250**	**215**	X		
725 760 it (20%)	1266	32	671	189	**1250**	**215**	X		
362 880 it (10%)	1280	22	764	114	1260	540	35 sec		

Tableau 25. Résultats heuristique versus approche classique – test 4

- **Test 5 - Complexité des dépendances temporelles fixée à 80 %**

	Déplacements		Attentes		Meilleure tournée		Temps de calcul	Résultats de l'approche exacte (8h30 de calcul)	
Nombre d'itérations	Moy-enne	Ecart type	Moy-enne	écart type	Deplac-ements	Attentes		Deplac-ements	Attentes
3 628 800 it (100%)	1320	30	487	138	**1285**	**115**	6 min	1210	505
1 814 400 it (50%)	1317	29	497	152	**1285**	**145**	3 min		
1 451 520 it (40%)	1316	29	497	162	**1285**	**145**	X		
1 088 640 it (30%)	1316	30	497	156	**1345**	**125**	X		
725 760 it (20%)	1310	29	510	170	**1345**	**125**	X		
362 880 it (10%)	1309	32	576	157	**1345**	**125**	35 sec		

Tableau 26. Résultats heuristique versus approche classique – test 5

- **Test 6 - Complexité des dépendances temporelles fixée à 100 %**

	Déplacements		Attentes		Meilleure tournée		Temps de calcul	Résultats de l'approche exacte (8h30 de calcul)	
Nombre d'itérations	Moy-enne	Ecart type	Moy-enne	écart type	Deplac-ements	Attentes		Deplac-ements	Attentes
3 628 800 it (100%)	1362	30	563	178	**1355**	**100**	6 min	1215	730
1 814 400 it (50%)	1358	31	559	176	**1355**	**100**	3 min		
1 451 520 it (40%)	1356	32	559	177	**1355**	**100**	X		
1 088 640 it (30%)	1354	33	576	189	**1355**	**100**	X		
725 760 it (20%)	1344	30	598	195	**1325**	**135**	X		
362 880 it (10%)	1341	31	688	162	**1375**	**190**	35 sec		

Tableau 27. Résultats heuristique versus approche classique – test 6

Les tableaux 22 à 27 illustrent les résultats obtenus par l'heuristique lorsque l'on fait varier le nombre d'itérations (i.e., expériences). Ces tableaux résument la moyenne des déplacements et attentes de l'ensemble des expériences, ainsi que la meilleure tournée obtenue.

Parallèlement nous avons exécuté la résolution par l'approche classique (modélisation mathématique basée sur les m-TSPC, cf. section 2 du chapitre 3) sur l'ensemble des instances en limitant le temps de calcul à 08h30min. Pour les tests 1 et 2 nous aboutissons à des solutions optimales, en revanche pour les tests 3 à 6, nous aboutissons à des résultats réalisables sans garantie d'optimalité. Les résultats obtenus sont présentés en dernières colonnes des tableaux 22 à 27.

Bien que l'heuristique présente des performances intéressantes en termes de qualités des solutions, le temps de calcul pour générer l'ensemble des solutions reste important (i.e., « *N !* » combinaisons possibles) et croît exponentiellement en fonction du nombre de patients.

Nous avons donc testé l'impact de la réduction du nombre de solutions générées, sur la qualité de la meilleure solution obtenue par l'heuristique. Dans ces premiers tests l'heuristique consomme six minutes pour générer l'ensemble des solutions possibles (itérations possibles). A partir des tests réalisés nous constatons la faible perte en qualité des solutions tout en limitant le nombre d'itérations. Pour les tests de l'instance 1, la limitation du nombre d'itérations jusqu'à 20 % itérations, permet de maintenir des solutions de très

bonne qualité, comparant ces derniers à ceux obtenus en lançant l'heuristique jusqu'à son terme.

Afin d'évaluer la performance de l'heuristique face l'approches exacte (l'approche m-TSPC), nous résumons au niveau du tableau 28 les pourcentages d'optimalité entre les meilleures tournées obtenues par l'heuristique face aux solutions réalisables obtenues par les approches classiques (08h30 de temps de calcul).

Test / Nombre d'itérations	1	2	3	4	5	6
3 628 800 it (100%)	100 %	99.6 %	↗	↗	↗	↗
1 814 400 it (50%)	100 %	99.6 %	↗	↗	↗	↗
1 451 520 it (40%)	97.8 %	99.6 %	↗	↗	↗	↗
1 088 640 it (30%)	97.8 %	99.6 %	↗	↗	↗	↗
725 760 it (20%)	97.8 %	94 %	↗	↗	↗	↗
362 880 it (10%)	97.8 %	93 %	97%	94.7%	↗	↗

↗ résultat de l'heuristique meilleur que l'approche m-TSPC

Tableau 28. Pourcentages d'optimalité de l'heuristique

Le tableau 28 montre que l'heuristique permet d'aboutir à des résultats de très bonne qualité par rapport aux résultats obtenus par l'approche exacte (basée sur les m-TSPC). En effet, le pourcentage d'optimalité des résultats de l'heuristique pour les tests 1 et 2 est très important, i.e. les tournées obtenues par l'heuristique sont d'une qualité très comparable voir identique à celles obtenues par les approches classiques. Pour les tests 3 à 6, l'heuristique permet d'obtenir des solutions meilleures que les résultats (08h30 de calcul) proposés par l'approche exacte (basée sur les m-TSPC). De plus, contrairement aux approches exactes nous constatons que la variation de la complexité des dépendances temporelles n'a pas d'impact sur le temps de calcul de l'heuristique.

Dans les expérimentations suivantes, nous allons tester notre heuristique en utilisant une instance moyenne, composée de 15 patients et 15 soignants avec un ratio « nombre de visite de soins / soignant » égale à 5. Par la suite, nous testons notre heuristique sur une grande instance composée de 60 patients et 30 soignants avec un ratio « nombre de visite de soins / soignant » égale à 8. Ces expériences ont pour but, d'une part de tester la robustesse de notre heuristique face à des instances de moyenne et grande taille (i.e. des instances représentant la réalité), d'autre part de confirmer les résultats obtenus au niveau de la première instance.

4.2.2 2ème instance (15 soignants, 15 patients, R = 5)

Etant donné que le nombre d'itérations dans cette instance est trop important nous allons récupérer un échantillon de cent millions d'itérations. A partir desquelles nous allons évaluer la qualité des résultats obtenus par l'heuristique. Nous résumons dans les tableaux 29 à 33, les résultats obtenus par l'heuristique. Pour le test 7 (complexité des dépendances temporelles égale à 0 %) nous avons exécuté la méthode exacte basée sur le modèle m-TSPC, nous présentons le meilleur résultat obtenu au bout de 24h00 de calcul.

- **Test 7 - Complexité des dépendances temporelles fixée à 0 %**

	Déplacements		**Attentes**		**Meilleure tournée**		**Temps de calcul**	**Résultats de l'approche exacte (24h00 de calcul)**	
Nombre d'itérations	Moy-enne	Ecart type	Moy-enne	écart type	Déplac-ements	Attentes		Déplac-ements	Attentes
100 000 000 it	1259	0	503	57	**1259**	**364**	X	1334	1152
50 000 000 it	1259	0	507	61	**1259**	**364**	X		
25 000 000 it	1259	0	493	62	**1259**	**364**	X		
1 000 000 it	1259	0	515	45	1259	427	2 min 30 sec		
500 000 it	1259	0	524	31	1259	477	1 min 30 sec		
250 000 it	1259	0	515	26	1259	477	40 sec		

Tableau 29. Résultats heuristique versus approche classique – test 7

Le tableau 29 met en évidence que l'approche heuristique donne dans l'ensemble des tests, une performance meilleure que celle proposée par les approches classiques.

- **Test 8 - Complexité des dépendances temporelles fixée à 30 %**

	Déplacements		**Attentes**		**Résultat 1ère phase**		**Meilleure tournée**		**Temps de calcul**
Nombre d'itérations	Moy-enne	Ecart type	Moy-enne	écart type	Déplac-ements	Attentes	Déplac-ements	Attentes	
100 000 000 it	1419	19	654	61	1035	0	**1405**	**568**	X
50 000 000 it	1423	20	667	62			**1405**	**568**	X
25 000 000 it	1428	19	676	61			**1405**	**568**	X
1 000 000 it	1416	12	699	39			1405	572	2 min 30 sec
500 000 it	1416	13	713	34			1405	572	1 min 30 sec
250 000 it	1414	14	719	37			1405	572	40 sec

Tableau 30. Résultats heuristique versus approche classique – test 8

- **Test 9 - Complexité des dépendances temporelles fixée à 50 %**

	Déplacements		Attentes		Résultat 1ère phase		Meilleure tournée		Temps de calcul
Nombre d'itérations	Moy-enne	Ecart type	Moy-enne	écart type	Déplac-ements	Attentes	Déplac-ements	Attentes	
100 000 000 it	1554	13	885	84	1035	0	**1552**	**671**	X
50 000 000 it	1555	14	899	83			**1552**	**671**	X
25 000 000 it	1556	16	910	79			**1552**	**671**	X
1 000 000 it	1549	10	867	68			1556	730	2 min 30 sec
500 000 it	1550	10	850	59			1556	730	1 min 30 sec
250 000 it	1549	10	846	57			1538	766	40 sec

Tableau 31. Résultats heuristique versus approche classique – test 9

- **Test 10 - Complexité des dépendances temporelles fixée à 80 %**

	Déplacements		Attentes		Résultat 1ère phase		Meilleure tournée		Temps de calcul
Nombre d'itérations	Moy-enne	Ecart type	Moy-enne	écart type	Déplac-ements	Attentes	Déplac-ements	Attentes	
100 000 000 it	1605	42	1112	167	1035	0	**1593**	**487**	X
50 000 000 it	1612	43	1103	161			**1593**	**487**	X
25 000 000 it	1615	44	1116	159			**1593**	**487**	X
1 000 000 it	1601	29	1101	152			1614	627	2 min 30 sec
500 000 it	1601	33	1096	146			1614	627	1 min 30 sec
250 000 it	1600	35	1101	157			1614	627	40 sec

Tableau 32. Résultats heuristique versus approche classique – test 10

- **Test 11 - Complexité des dépendances temporelles fixée à 100 %**

	Déplacements		Attentes		Résultat 1ère phase		Meilleure tournée		Temps de calcul
Nombre d'itérations	Moy-enne	Ecart type	Moy-enne	écart type	Déplac-ements	Attentes	Déplac-ements	Attentes	
100 000 000 it	1687	63	1108	206	1035	0	**1588**	**495**	X
50 000 000 it	1684	62	1106	204			1406	613	X
25 000 000 it	1684	59	1102	202			1604	613	X
1 000 000 it	1709	60	1128	180			1637	846	2 min 30 sec
500 000 it	1706	61	1123	185			1637	846	1 min 30 sec
250 000 it	1701	59	1135	173			1637	846	40 sec

Tableau 33. Résultats heuristique versus approche classique – test 11

Les tableaux 29 à 33 montrent que l'heuristique proposée est très robuste quant à la résolution de problématiques de tailles moyennes. Il est également possible de limiter le nombre d'itérations tout en maintenant une qualité de solution assez satisfaisante. Pour les tests de cette deuxième instance, nous remarquons que la dégradation liée aux contraintes de précédences et de dépendances temporelles, est assez importante. Pour les résultats de cette instance la dégradation varie entre 35 % et 60 %. En effet, ces contraintes possèdent un impact assez important sur la qualité des résultats.

4.2.3 3ème instance (30 soignants, 60 patients, R = 8)

Nous récupérons pour cette instance un échantillon de cent millions d'itérations. A partir de cet échantillon nous allons évaluer la robustesse de l'heuristique que nous résumons dans le tableau 34. Nous avons utilisé cette instance pour exécuter la méthode exacte basée sur le modèle m-TSPC. Nous présentons le meilleur résultat obtenu au bout de 24h00 de calcul.

- **Test 12 - Complexité des dépendances temporelles fixée à 0 %**

	Déplacements		**Attentes**		**Meilleure tournée**		**Temps de calcul**	**Résultats de l'approche exacte (24h00 de calcul)**	
Nombre d'itérations	Moy-enne	Ecart type	Moy-enne	écart type	Déplac-ements	Attentes		Déplac-ements	Attentes
100 000 000 it	3064	0	1022	36	3064	983	Arrêt 13 h	**Aucun résultat**	
50 000 000 it	3064	0	1024	35	3064	983	X		
25 000 000 it	3064	0	1025	38	3064	983	X		
1 000 000 it	3064	0	1025	38	3064	983	16 min		
500 000 it	3064	0	1025	38	3064	983	9 min		
250 000 it	3064	0	1021	36	3064	983	4 min		
100 000 it	3064	0	1021	36	3064	983	1min 30sec		

Tableau 34. Résultats heuristique versus approche classique – test 12

Nous constatons au niveau du tableau 34 que l'approche classique n'aboutit pas de solution réalisable après 24h 00min de calcul alors que l'heuristique permet d'obtenir un résultat de qualité très satisfaisante après 1min 30sec de calcul. Par ailleurs, les tests sur les instances de moyenne et grande tailles ont confirmé que la complexité de la génération des tournées par l'heuristique est indépendante de la complexité des dépendances temporelles.

Conclusion

Dans ce chapitre nous nous sommes focalisés sur l'amélioration de la performance des approches classiques pour la résolution de la problématique de gestion des activités de soins et des ressources humaines en HAD, sous contraintes de dépendances temporelles. Nous avons constaté au chapitre précédent que les approches exactes (basées sur les m-TSPC et RCPSP) présentent une performance assez médiocre. Pour cela, nous avons opté pour une résolution par une heuristique. Cette heuristique procède en construisant les tournées optimales des soignants, tout en relaxant les contraintes de précédence et de dépendances temporelles. Ces dernières sont intégrées au fur et à mesure dans une deuxième phase.

Cette heuristique est testée pour différents contextes de complexité de dépendances temporelles. Les résultats de l'heuristique sont comparés à ceux obtenus par les approches classiques. Les différentes expérimentations montrent que l'heuristique permet d'obtenir des solutions de bonne qualité à la fois en termes d'optimisation des tournées de soignants et en termes de temps de calcul. Cette dernière montre une grande robustesse quant aux instances de taille réelle. Les résultats obtenus montrent que la complexité de la génération des tournées des soignants à travers notre heuristique, est entièrement indépendante de la complexité des dépendances temporelles.

L'heuristique proposée constitue une nouvelle proposition pour la résolution de cette problématique complexe. Par ailleurs, cette résolution reste ouverte à un ensemble d'améliorations. Nous détaillons dans les perspectives de ce travail l'ensemble de ces extensions possibles de l'heuristique proposée.

CONCLUSION GENERALE

L'augmentation de l'espérance de vie et le vieillissement de la population ont suscité de multiples modes de prise en charge, l'Hospitalisation A Domicile (HAD), présente l'un de ces nouveaux modes de prise en charge. La HAD permet aux patients de profils pathologiques très variés, d'être soignés dans leurs domiciles, plusieurs intervenants se succédant chez cette personne pour effectuer leurs services : médecins, infirmières, aides-soignantes, etc. Les actes d'une prise en charge en HAD ne se limitent pas aux actes médicaux mais aussi à un ensemble d'actes paramédicaux, tel que l'aide à la prise de médicament, la toilette, etc. Les intervenants d'une HAD se divisent en deux types, les intervenants salariés de la structure (Infirmiers Diplômés d'Etat - IDE), et des intervenants libéraux conventionnées par la structure pour la réalisation des soins à domicile des patients (Infirmiers Diplômés d'Etat Libéraux - IDEL). Les travaux sur l'HAD concernent deux volets distincts, i.e. (i) des études sur l'intérêt de l'introduction et du développement de l'HAD, et d'autres concernent (ii) le volet organisationnel, permettant de produire des réflexions sur l'organisation et la gestion (interne et externe) de ces établissements. Ce deuxième volet se penche principalement sur l'analyse de la coordination entre ressources du même établissement et/ou appartenant à de différents établissements intervenant sur la trajectoire du patient.

L'amélioration de l'organisation des structures d'HAD peut bénéficier de l'apport des approches et outils dédiés pour le génie industriel, en particulier les outils et méthodes qu'utilise le domaine de la production de biens et de services. En effet, ces dernières nécessitent une démarche d'adaptation de ces approches pour qu'elles soient applicables pour des problématiques du système de santé. En effet, ces approches montrent une facilité d'adaptations des contraintes et spécificités, pour une application à l'organisation du domaine de la santé.

1 Synthèse du travail effectué

Dans cette thèse nous avons proposé de multiples approches pour les résolutions de la problématique de gestion des activités de soins en HAD sous contraintes de dépendances temporelles. Avant de résoudre cette problématique nous nous sommes penchés sur étude détaillée du fonctionnement du système santé afin de comprendre les facteurs essentiels de son fonctionnement. Nous avons exposé grâce à cette étude, le fonctionnement des systèmes d'HAD dans la région Rhône-Alpes, en nous basant sur les retours d'expériences acquis lors du projet régional Organisation des Soins À Domicile (OSAD). Dans un second temps, à l'issue d'une étude bibliographique sur la gestion des activités en HAD, nous avons proposé une classification des problématiques de la gestion des activités en HAD. Cette classification s'articule autour des axes de complexité de la problématique : (i) l'environnement dans lequel se situe la structure, (ii) les dépendances temporelles entre les activités de soins, (iii) le ratio du nombre d'activités à réaliser par soignant.

La seconde partie de notre travail de thèse a porté sur la proposition d'approches de résolution des problématiques de gestion des activités de soins en HAD. Pour cela, nous avons proposé deux modélisations mathématiques concurrentes, basées sur la Programmation Linéaire en Nombres Entiers (PLNE). Les deux approches se basent respectivement sur un modèle de type « multi-Traveling Salesman Problem-Coordinated – m-TSPC » et un modèle de type « ordonnancement de projets avec contraintes de ressources - RCPSP ». Après leur présentation détaillée, les modèles sont utilisés pour vérifier que la complexité de la problématique de gestion des activités en HAD, s'exprimait suivant les deux axes de complexité définis précédemment, (i) le ratio « nombre de visite de soins / soignant » et (ii) la complexité des contraintes de dépendances temporelles (de type coordination). Par la suite, nous comparons les deux approches de résolution, ce qui nous conduit à mettre en évidence que les approches basées sur les RCPSP sont plus performantes pour la résolution de problématiques dont le ratio « nombre de visite de soins / soignant » est faible. À contrario, l'approche basée sur les m-TSPC est plus performante lorsque le ratio « nombre de visite de soins / soignant » est important. Par ailleurs, nous avons constaté que les deux approches se comportent de manière identique, soit même qualité de solutions mais avec des temps de calcul augmentant exponentiellement, lorsque la dépendance temporelle augmente

Afin d'améliorer la performance des approches précédemment développées, nous avons opté pour une heuristique originale pour la résolution de cette problématique de gestion des activités en HAD. L'heuristique proposée s'est montrée très performante, à la fois en termes de qualité des tournées de soignants et en termes de temps de calcul pour générer l'ensemble des tournées. En effet, les tests réalisés ont démontré que l'heuristique permet de générer des solutions d'une qualité assez comparable par rapport aux approches classiques, i.e. les approches basées sur PLNE, dans des temps de calculs très raisonnables par rapport à la temporalité de la prise de décision du médecin coordonnateur chargé de faire les plannings journaliers.

2 Perspectives

Bien que les approches développées apportent une contribution à la compréhension de la problématique de gestion des activités en HAD. Ces travaux mettent en évidence de nombreuses perspectives de recherche. Nous proposons, à ce stade de notre réflexion, les perspectives de recherche suivantes :

- La gestion des activités en HAD est soumise à de nombreux évènements imprévus liés à la disponibilité et au déplacement des ressources humaines et matérielles, etc. La prise en compte de ces aléas rendrait les plannings de tournées plus robustes. La prise en compte de ces phénomènes peut être envisagée au travers d'un couplage entre les approches d'optimisation et approches de simulation, ou par un pilotage décentralisé.
- La problématique de gestion des activités en HAD, est une problématique multi-niveaux qui peut être décomposée en trois sous problèmes, i.e. (i) la localisation de ou des structures d'HAD et des patients desservis par cette dernière, (ii) l'allocation des patients aux soignants et (iii) la réalisation des tournées des soignants sous contraintes de dépendances temporelles et de ratio d'activité par soignant. Il serait donc très intéressant de tester la complémentarité entre ces trois classes de problématiques.
- Parmi les extensions possibles de l'heuristique proposée, afin d'améliorer la qualité des solutions tout en réduisant encore les temps de calcul, nous envisageons de réutiliser cette heuristique afin de considérer d'autres mécanismes de recherche de la solution finale. Nous envisageons d'aborder la résolution de la problématique, par la construction des séquences des visites pour les soignants tout en considérant les contraintes

temporelles de précédences et de dépendances des patients. En deuxième étape, les tournées des soignants sont construites tout en intégrant les déplacements des soignants.

- L'heuristique proposée aboutit à un échantillon assez important de solutions (tournées). Ces tournées diffèrent les unes des autres, en déplacements et attentes des soignants. Il serait très intéressant de développer un module permettant d'extraire parmi l'ensemble des solutions, celles favorisant des soignants sur d'autres, en se basant sur un ensemble de critères. Parmi les critères possibles, le temps d'attentes, le temps de déplacements, le temps opératoire, etc. Cependant, il est donc possible de générer des solutions permettant de favoriser certains types de personnels soignants par rapports à d'autres, suivant leurs profils.

Par ailleurs, outre l'approfondissement des problématiques traitées dans ce travail de recherche, il nous semble tout aussi intéressant d'exploiter de nouvelles perspectives. En effet, l'Hospitalisation A Domicile est confrontée à de nouvelles problématiques liées à l'évolution du contexte réglementaire ou aux exigences croissantes de productivité :

- Les tutelles souhaitant développer la prise en charge à domicile, fait pression pour que les structures d'HAD prennent en charge de plus en plus de patients en file active. L'augmentation du nombre de patients pris en charge repose la question de l'internalisation ou de l'externalisation des différentes fonctions et personnels en HAD. Pour ne prendre qu'un exemple, jusqu'alors les HAD s'appuyaient majoritairement sur du personnel soignant libéral pour réaliser les soins. Cela, leur permettait de mieux gérer les variations d'activités, de réduire les coûts fixes et la gestion opérationnelle des ressources humaines Depuis quelques temps, les négociations avec les libéraux sur la rémunération des actes et les activités qu'ils ne souhaitent plus réaliser (i.e., nursing) remettent en cause l'intérêt de l'utilisation massive d'intervenants libéraux. La question est donc la comparaison des deux modèles afin de définir les invariants et les seuils de performances de chaque approche.
- La gestion du flux de retour consiste à récupérer les déchets (DASRI) ainsi que le gros matériel à partir des domiciles des patients en fin de prise en charge. En effet, la gestion des DASRI constitue un processus très réglementé. Les travaux sur le projet OSAD (Organisation des Soins A Domicile), ont révélé que les structures d'HAD chargent le plus souvent les infirmières de ce retour, les prestataires externes quant à eux sont très largement sollicités, notamment pour l'élimination sécurisée de ces déchets (OSAD,

2011). Nous pensons donc, que ce processus nécessite une coordination afin de respecter les normes de sécurité imposées.

- Aujourd'hui, d'importants travaux sur le rôle des nouvelles technologies dans l'amélioration des conditions de la prise en charge par l'HAD, aussi bien pour les usagers que les professionnels, sont nécessaires, pour réduire les problèmes de coordination entre les acteurs sous contraintes de continuité des soins. Ces problèmes de continuité et de coordination de soins ont déjà été soulignés par le circulaire MIN/DHOS/DSS-CNAMTS n° 2002/610 du 19 décembre 2002, ainsi qu'un ensemble de travaux, dont le dernier est celui de (Zefouni et al, 2012). Il serait donc très intéressant de développer des outils d'aide à la coordination et la continuité de soins en HAD, basés principalement sur des technologies d'information et de communication (TIC). Résoudre ces problématiques permet de (i) dématérialiser et automatiser les échanges, (ii) améliorer les mécanismes de pilotage et de suivi des activités et (iii) une meilleure gestion de la diversification de masse des projets thérapeutiques et des profils usagers.

BIBLIOGRAPHIE

Abelson, J., Gold, S. T., Woodward, C., O'Connor, D. et Hutchison, B. (2004). Managing under managed community care: the experiences of clients, providers and managers in Ontario's competitive home care sector, Health Policy, Vol. 68, n°3, pp. 359-372.

Afrite A, Chaleix M, Com Ruelle L, Valdelièvre H. (2009). L'hospitalisation à domicile, une prise en charge qui s'adresse à tous les patients « Questions d'économie de la santé IRDES N°140 »

Aguzzi G., Braubach M., Com-Ruelle Laure, Wilkinson J., Gambassi G., Hoffman J., Leichsenring K., Lunt N., Mannion, Naiditch M., O'Connor S. J., Home care in Europe, World health organization, ISBN 978 92 890 4281, 2008.

Akjiratikarl, C. Yenradee, P. & Drake, P.R., 2007. PSO-based algorithm for home care worker scheduling in the UK. Computers & Industrial Engineering, 53(4), 559-583.

Arundel C., Glouberman S., and Kun L. Telehealth and the global health network in the 21st century, From home care to public health informatics in Computer Substudy (vol. 15). 2001 (online: http://www.home.carestudy.com/reports/full-text/substudy-15-final report.pdf).

B. Bachouch. Rym, Guinet Alain, Hajri Gaboudj Sonia. (2011), « Pilotage opérationnel des structures d'hospitalisation à domicile ». Thèse de doctorat de l'INSA de Lyon.

B. Bachouch, R. Fakhfakh, M. Guinet, A. et Gabouj, S. H. Planification des tournées des infirmiers dans une structure de soins à domicile. Gestion et Ingénierie des SystEms Hospitaliers, volume (8), 3-5, 2009.

Bonnici, B. (2003). La politique de santé en France, Presses Universitaires de France.

Bendoly, E., Donohue, K. et Schultz, K. L. (2006). Behavior in operations management: Assessing recent findings and revisiting old assumptions, Journal of Operations Management.

Benzarti E., Sahin E., and Dallery E. "Modelling approaches for the home care districting problem", 8th International Conference of Modelling and Simulation (MOSIM), 2010.

Bashir B., Caux C. "Litérature review in Home Care", 9th International Conference of Modelling and Simulation (MOSIM), 2012.

Benzarti E., Sahin E., and Dallery E. "Home Health Care Operations Management: Applying the districting approach to Home Health Care", Thèse de doctorat de l'école central de Paris, 2012.

Begur S. V., Miller D. M., and Weaver J. R., "An Integrated Spatial DSS for Scheduling and Routing Home-Health-Care Nurses". Interfaces, volume (27), 35-48, 1997.

Bertels, S. & Fahle, T., 2006. A hybrid setup for a hybrid scenario: combining heuristics for the home health care problem. Computers & Operations Research, 33(10), 2866-2890.

Bertrand, W. et de Vries, G. (2005). Lessons to be learned from operations management, In: Health operations management: patient flow logistics in health care (J Vissers & R. Beech (Eds.)), London and New York: Routledge.

Binder, F. et Valentin, M. (2007), « Economie de la santé », source : http://www-ulpmed.u-strasbg.fr/medecine/cours_en_ligne/e_cours/medecine_sociale/ECONOMIE_SANTE_ORGA_FINANC_MAITRISE_009.pdf

Blais, M. Lapierre, S.D. & Laporte, G. (2003). Solving a Home-Care Districting Problem in an Urban Setting. The Journal of the Operational Research Society, 54(11), 1141-1147.

Blazewicz, J. Lenstra, J. et Rinnooy Kan, A.H.G. Scheduling subject to resource constraints: Classification and complexity, Discrete Applied Mathematics », 5(1): 11–24, 1983.

Bontoux B., Artigues C., et Feillet D (2008), « Techniques hybrides de recherche exacte et approchée : application à des problèmes de transport ». Thèse de doctorat de l'université d'Avignon. Laboratoire d'Informatique (EA 4128).

Borsani V., Matta A, Beschi G. and Sommaruga F. A., "Home care scheduling model for human resources". International Conference on Service Systems and Service Management, volume (1), 449-454, 2006.

Bräysy, O. et al., 2009. An optimization approach for communal home meal delivery service: A case study. Journal of Computational and Applied Mathematics, 232(1), 46-53.

Breedveld, E.J., Meijboom, B.R. & de Roo, A.A., 2006. Labour supply in the home care industry: A case study in a Dutch region. Health Policy, 76(2), 144-155.

Busby, C. R. et Carter, M.W. (2006). A Decision Tool for Negotiating Home Care Funding Levels in Ontario, Home Health Care Services Quarterly, Vol. 25, n° 3-4, pp. 91-106.

Bricon-Souf N., Anceaux F., Bennani N., Dufresne E., Watbled L., A distributed coordination platform for home care: analysis, framework and prototype, International Journal of Medical Informatics, 2005.

Ben Ismail, S. Introduction à l'optimisation combinatoire. Télécom Bretagne. Source : http://perso.telecom-bretagne.eu/sahbibenismail/cours-enseignements/

Callanquin, J., Camuzeaux, C. et Labrude, P. (2001). Le matériel de maintien à domicile : généralités, prescription, description, exercices d'application. Masson, Paris.

CATEL. (2008). Hospitalisation à domicile / Maintien à domicile et nouvelles technologies (ARH Basse Normandie). Source : http://www.parhtage.sante.fr/re7/bno/doc.nsf/VDoc/

Chaabane, S. (2004). Gestion prédictive des blocs opératoires. Thèse : Institut National des Sciences Appliquées de Lyon (INSA).

Chahed J.S, Dalery Y and Evren S (2008), « Modélisation et analyse de l'organisation et du fonctionnement des structures d'hospitalisation à domicile ». Multidisciplinary thesis server.

Chahed, S., Sahin, E. et Dallery, Y. (2006). Modélisation et comparaison du fonctionnement de trois établissements d'Hospitalisation à Domicile en France, 3ème Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers (GISEH), Luxembourg (Luxembourg).

Cheng, E et Rich, J. L. A Home Health Care Routing and Scheduling Problem. Technical report TR98-04-Rice University. Volume (25), 1998.

Chevreul, K., Com-Ruelle, L., Midy, F. et Paris, V. (2004a). Le développement des services de soins hospitaliers à domicile : éclairage des expériences australienne, britannique et canadienne. Questions d'économie de la santé, Vol. 91.

Chevreul, K., Com-Ruelle, L., Midy, F. et Paris, V. (2004b). Le développement des services de soins hospitaliers à domicile : éclairage des expériences australienne, britannique et canadienne. Questions d'économie de la santé, Vol. 91.

Chevreul, K., Com-Ruelle, L., Midy, F. et Paris, V. (2005). Le développement des services de soins hospitaliers à domicile : éclairage des expériences australienne, britannique et canadienne. Questions d'économie de la santé, Vol. 91.

Clarke, G. et Wright, J.W. Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. Operation Research, vol 12, pp 568-581, 1964.

Colombani D, M.M. (2007). Comparaison public / privé : quel statut pour quelle différence ? Hôpitaux magazine : santé et société, Vol. 2. http://hop.mag2.free.fr/spip.php?article43

Com-Ruelle, L. Lebrun, E. (2003) « Indicateurs d'état de santé des patients hospitalisés à domicile (ENHAD 1999-2000) ». Source : http://www.irdes.fr/Publications/Qes/Qes77.pdf

Courcelle Bruno. Introduction à la théorie des graphes : Définitions, applications et techniques de preuves. Université Bordeaux 1, LaBRI (CNRS UMR 5800). Rapport : 2004.

Coyte, P. C., Young, W. et Croxford, R. (2000). Costs and outcomes associated with alternative discharge strategies following joint replacement surgery: analysis of an observational study using a propensity score, Journal of Health Economics, Vol. 19, pp. 907-929.

DAGPB (2003). L'administration sanitaire et sociale, l'administration du travail de l'emploi et de la formation professionnelle: missions et structures. Direction de l'Administration Générale, du Personnel et du Budget. http://www.sante.gouv.fr/

Dantzig, G. Fulkerson, R. et Johnson, S. Solution of a large-scale traveling salesman problem. Journal of the Operations Research Society of America, pp. 393-410, 1954.

Desrocher, M. Laporte, G. Improvements and extension to the MTZ sub-tour elimination constraints. Operation research letters, vol 10, pp 27-36, Feb 1991.

Diane d'AUDIFFRET. (2010).Optimisation de la prise en charge à domicile en France, Quelles propositions. Source : http://www.alcimed.com/uploads/communiques/pieces_jointes/

Durand, N. Lannelongue, C. Legrand, P. Marsala, V. (2010). Hospitalisation à domicile (HAD) – Tome 1 rapport définitif de l'inspection générale des affaires sociales RM2010-109P.

El-Sherbeny, N.A. Vehicle Routing with Time Windows: An overview of exact, heuristic and metaheuristic methods. Journal of King Saud University - Science, vol 22, pp 123-131, Apr 2010.

Ernst, A.T., Jiang, H., Krishnamoorthy, M. et Sier, D. (2004). Staff scheduling and rostering: a review of applications, methods and models, European Journal of Operational Research, Vol. 153, pp. 3-27.

EURASANTE (2011). Alternatives à l'hospitalisation et réseaux de soins, de nouvelles opportunités de marches en santé, perspectives pour la région nord pas de calais. Source : http://www.socpharmbordeaux.asso.fr/pdf/pdf-136/136-099-128.pdf

Eveborn, P., Flisberg, P. & Rönnqvist, M., 2006. Laps Care--an operational system for staff planning of home care. European Journal of Operational Research, 171(3), 962-976.

Farnault, J. (2004). L'hospitalisation à domicile : une lente évolution, AM réseau, Vol. 22, pp. 4-5. http://www.cram-nordpicardie.fr/LaCram/publications/amreseau/am22/amr_2.html

Feignebaum E.A., et Feldman J., (1963) Computer and Thought. McGraw Hill, New-York, NY, USA.

FNEHAD. (2012). Site web de la Fédération National des Etablissements d'HAD. Source : http://www.fnehad.fr/la-fnehad.html

FNEHAD. (2011). Rapport d'activité de la FNEHAD (Fédération National des Etablissements d'HAD) 2010 – 2011. Source : http://www.fnehad.fr/images/stories/dl/2011/

Hammar, T., Rissanen, P. & Perälä, M., 2009. The cost-effectiveness of integrated home care and discharge practice for home care patients. Health Policy, 92(1), 10-20.

HAS. (2012). Présentation de la Haute Autorité de Santé (HAS) http://www.has-sante.fr/portail/jcms/j_5/accueil.

Hellesø, R., Lorensen, M. & Sorensen, L., 2004. Challenging the information gap - the patients transfer from hospital to home health care. International Journal of Medical Informatics, 73(7-8), 569-580.

Hertz, A. & Lahrichi, N., 2006. Client assignment algorithms for home care services. Available at: http://www.gerad.ca/~alainh/TabuCLSC.pdf.

IDEF0 (1993). Announcing the Standard for Integration Definition for Function Modelling (IDEF0), Draft Federal Information Processing Standards Publication 183. http://www.idef.com /pdf/idef0.pdf

IRDES. (2011). Historique des réformes hospitalières en France. Source : http://www.irdes.fr/EspaceDoc/DossiersBiblios/HistoriqueReformesHospitalieres.pdf

Jones, J. et al., 1999. Economic evaluation of hospital at home versus hospital care: cost minimisation analysis of data from randomised controlled trial. BMJ (Clinical Research Ed.), 319(7224), 1547-1550.

Koné, O. Artigues, C. Lopez, P. Mongeau, M. Résolution du RCPSP avec production et consommation de ressources : modèle de PLNE basé sur les événements, *8eme* Conférence Internationale de Modélisation et SIMulation – MOSIM'10, Hammamet, Tunisie, 2010.

Lahrichi, N. et al., 2006. Analysis of a territorial approach to the delivery of nursing home care services based on historical data. Journal of Medical Systems, 30(4), 283-291.

Lataste, M. (1998). Le projet d'hospitalisation à domicile : Application à l'aquitaine. Source : http://www.socpharmbordeaux.asso.fr/pdf/pdf-136/136-099-128.pdf

Lenstra, J.K. et Kan, A.H.G.R. A complexity of vehicle routing and scheduling problems, Networks, vol 11, pp 221-227, 1981.

Liefooghe A., Talbi E., et Jourdan L (2009), « Métaheuristiques pour l'optimisation multiobjectif Approches coopératives, prise en compte de l'incertitude et application en logistique ». Thèse de doctorat de l'université de Lille 1. Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille (UMR CNRS 8022).

Le Pogam Marie Annick et al., « La performance hospitalière : à la recherche d'un modèle multidimensionnel coherent », Management & Avenir, 2009/5 n° 25, p. 116-134. DOI : 10.3917/mav.025.0116

Lind, L. et al., 2002. Requirements and prototyping of a home health care application based on emerging technology. International Journal of Medical Informatics, 68(1-3), 129-139.

Mougeot, M. (1999). Régulation du système de santé. La documentation Française, Paris.

Newell, A., Shaw, J. C., et Simon, H. A., (February 26-28, 1957) Empirical explorations of the Logic Theory Machine: A case study in heuristics. Proceedings of the 1957 Western Joint Computer Conference, 218-230.

Osman, I.H. and Laporte, G. Metaheuristics: a bibliography. Annals of Operations Research 63, 513-623, 1996

OSAD. (2011). Rapport d'exploitation des questionnaires – Synthèse des résultats de l'enquête-Phase 1. http://www.laspi.fr/osad.

Paulus, A.T. & van Raak, A.J., 2008. The impact of integrated care on direct nursing home care. Health Policy, 85(1), 45-59.

Polton, D. (2003). Décentralisation des systèmes de santé: quelques réflexions à partir d'expériences étrangères, Questions d'économie de la santé, Vol 72. Source : http://www.irdes.fr/Publications/

Raffy-Pihan, N. (1994). L'Hospitalisation à Domicile : Un tour d'horizon en Europe, aux Etats- Unis et au Canada, rapport n°1045, IRDES (ex. CREDES).

Raffy-Pihan, N. (1997). L'hospitalisation à domicile : une alternative également adaptée aux personnes âgées, rapport n° 1185, IRDES (ex. CREDES).

Raffy-Pihan, N. et Com-ruelle, L. (2000). L'hospitalisation à domicile une réalité économique, IRDES (ex. CREDES).

Rego, C. et Roucairol, C. Le problème de tournées de véhicules: études et résolutions approchée, Projet Reflecs: « rapport de recherche N°2197 », vol 125, pp 3-86, 1994,

SC (2011). Rapport de la sécurité sociale de l'année 2011, Le financement des centres hospitalo-universitaires (CHU). Source : http://www.ccomptes.fr/fr/CC/documents/RELFSS/

Smeenk, F.W.J.M. et al., 1998. Transmural care: A new approach in the care for terminal cancer patients: its effects on re-hospitalization and quality of life. Patient Education and Counseling, 35(3), 189-199.

Steeg, J. & Schröder, M., 2008. A Hybrid Approach to Solve the Periodic Home Health Care Problem. Dans Operations Research Proceedings 2007. p. 297-302. Available at: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-77903-2_46.

Thomson K., Optimization on home care, thèse de doctorat, Informatics and Mathematical Modelling, Technical University of Denmark, DTU, 2006.

Vliet, J.V. et al., 1995. The role of the hospital nursing staff in home health-care services. International Journal of Antimicrobial Agents, 5(1), 51-54.

Wilson, J. R., Smith, J. S., Dahle, K. L. et Ingersoll, G. L. (1999). Impact of Home Health Care on Health Care Costs and Hospitalization Frequency in Patients with Heart Failure, The American Journal of Cardiology, Vol. 83, pp. 615-617.

Woodward, C. A., Abelson, J., Tedford, S. et Hutchison, B. (2004). What is important to continuity in home care? Perspectives of key stakeholders, Social Science & Medicine, Vol. 58, pp.177-192.

Zefouni, S. Bastide, R. Pingaud, R. Aide à la conception de workflows personnalisés : application à la prise en charge à domicile. Thèse : Université de Toulouse (équipe de recherche ERISIS - plateforme e-santé IRIT)

Zhang, T. Marcon, E. Di Mascolo, M. (2012). Aide au pilotage de la chaîne de prise en charge de la chimiothérapie à domicile. Thèse : Université Jean Monnet de Saint Etienne (UJM, Laboratoire d'Analyse des Signaux et des Processus Industriels(LASPI).

Zerbib, E. (1990). Les alternatives à l'hospitalisation: intérêts et perspectives pour le pharmacien. Th : Université de Bordeaux II.

ABREVIATIONS

CH	Les Centres Hospitaliers
CHMP	Centrale Humanitaire Médico-Pharmaceutique
CHR	Centre Hospitalier Régional
CHU	Centre Hospitalier Universitaire
CNAM	La Caisse Nationale de l'Assurance Maladie
CNAM	Caisse Nationale d'Assurance Maladie
CPAM	Caisse Primaire d'Assurance Maladie
CRAM	La Caisse Régionale d'Assurance Maladie
DRASS	Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales
FNEHAD	Fédération Nationale des Établissements d'Hospitalisation à Domicile
GMSIH	Groupement pour la Modernisation du Système d'Information Hospitalier
HAD	Hospitalisation À Domicile
HAS	Haute Autorité de Santé)
HL	Les Hôpitaux Locaux
HPST	Hôpital, Patients, Santé et Territoires
IDE	Infirmiers Diplômés d'État
IDEL	Infirmiers Diplômés d'État Libéraux
IVS	Institut de Veille Sanitaire
MAD	Maintien A domicile
MAD	Maintien à domicile
OMS	l'Organisation Mondiale de la Santé
OSAD	Organisation des Soins A Domicile
PAD	Prise en charge A Domicile de patients dépendants
PLNE	Programmation Linéaire mixte en Nombre Entiers

PUI	Pharmacie à Usage Interne
RCPSP	Ressources Constrained Project Scheduling Problem
SIAD	Soins Infirmiers A Domicile
TIC	Technologies d'Information et de Communication
TSAD	Traitements spécialisés à domicile
VRPTW	Vehicle Routing Problem with Time Windows
TSP	Traveling Salesman Problem
m-TSPC	multi- Traveling Salesman Problem-Coordinated

RESUME

L'hospitalisation hors les murs est une expression générique qui désigne toutes les formes de structures accueillant des patients pour une prise en charge longue et régulière nécessitant des soins complexes. Les structures hors les murs doivent assurer une prise en charge sure et d'une qualité au moins identique à celle fourni par l'hôpital, tout en contribuant à la diminution des coûts de la prise en charge. D'où la nécessité d'une gestion efficiente des activités des soignants et des ressources humaines.

Dans ce travail de recherche, l'intérêt est porté à la problématique générale de gestion des activités de soins en Hospitalisation À Domicile (HAD). Il s'agit d'une problématique très complexe, car elle vise à résoudre simultanément des sous-problèmes réputés NP – difficiles. Dans cette thèse, nous étudions cette problématique au niveau opérationnel de la conception des tournées des soignants.

La démarche adoptée pour ce travail de recherche se base sur trois étapes essentielles. Nous commençons par une étude sur le système de santé et les structures d'HAD en France, tout en mettant en claire les facteurs essentiels de leur fonctionnement. Cette étape sera clôturée par une étude du fonctionnement des systèmes d'HAD dans la région Rhône-Alpes, en se basant sur les retours du projet régional Organisation des Soins A Domicile (OSAD). La deuxième étape concerne les problématiques de gestion et la planification des activités de soins et des ressources humaines en HAD. Ce travail conduira à l'élaboration d'une classification des problématiques de la gestion des activités en HAD. En se basant sur la classification identifiée précédemment, nous définissons, les axes de complexité de ce problème : (i) le nombre d'activités de soins par soignant, (ii) la dépendance temporelle entre les activités des patients et (iii) la dimension environnementale. Ensuite, nous proposons un ensemble d'approches et d'outils pour la résolution de la problématique des tournées d'infirmiers en HAD, sous différentes contraintes liées à la réalisation des soins et en particulier aux contraintes de dépendances temporelles. Pour répondre à l'ensemble des contraintes et exigences de performance, nous développons une heuristique originale permettant une résolution en un temps compatible avec les contraintes de mise en œuvre, pour des instances de grande taille.

Mots clés : hospitalisation à domicile, gestion des opérations, modélisation mathématique, logistique, planification des ressources, Ordonnancement, PLNE, TSP, RCPSP, (méta) Heuristiques.