



**HAL**  
open science

# Modélisation, analyse et pilotage des parcours des personnes âgées en soins aigus et sur le long terme

Thomas Franck

► **To cite this version:**

Thomas Franck. Modélisation, analyse et pilotage des parcours des personnes âgées en soins aigus et sur le long terme. Autre. Université de Lyon, 2018. Français. NNT : 2018LYSEM014 . tel-02879682

**HAL Id: tel-02879682**

**<https://theses.hal.science/tel-02879682>**

Submitted on 24 Jun 2020

**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.



N°d'ordre NNT : 2018LYSEM014

**THESE de DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE LYON**  
opérée au sein de  
**l'Ecole des Mines de Saint-Etienne**

**Ecole Doctorale N° 488**  
**Sciences, Ingénierie, Santé**

**Spécialité de doctorat :**  
**Discipline :** (Génie Industriel)

Soutenue publiquement/à huis clos le 04/07/2018, par :  
**(Thomas Franck)**

---

**Modélisation, analyse et pilotage des  
parcours des personnes âgées en soins  
aigus et sur le long terme**

---

Devant le jury composé de :

M. BILLAUT Jean-Charles, Professeur, Université de Tours, Président et Rapporteur  
M. CHAUSSALET Thierry, Professeur, Université de Westminster-Londres, Rapporteur  
Mme. SAHIN Evren, Professeure, Centrale Supélec Paris, Examinatrice  
M. XIE Xiaolan, Professeur, Mines Saint-Etienne, Directeur de thèse  
M. GONTHIER Régis, Professeur, CHU de Saint-Etienne, Co-directeur de thèse  
M. AUGUSTO Vincent, Maître de Recherche, Mines Saint-Etienne, Co-directeur de thèse

Spécialités doctorales	Responsables :	Spécialités doctorales	Responsables
SCIENCES ET GENIE DES MATERIAUX MECANIQUE ET INGENIERIE GENIE DES PROCEDES SCIENCES DE LA TERRE SCIENCES ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT	K. Wolski Directeur de recherche S. Drapier, professeur F. Gruy, Maître de recherche B. Guy, Directeur de recherche D. Graillet, Directeur de recherche	MATHEMATIQUES APPLIQUEES INFORMATIQUE IMAGE, VISION, SIGNAL GENIE INDUSTRIEL MICROELECTRONIQUE	O. Roustant, Maître-assistant O. Boissier, Professeur JC. Pinoli, Professeur A. Dolgui, Professeur S. Dauzere Peres, Professeur

**EMSE : Enseignants-chercheurs et chercheurs autorisés à diriger des thèses de doctorat (titulaires d'un doctorat d'État ou d'une HDR)**

ABSI	Nabil	CR	Génie industriel	CMP
AVRIL	Stéphane	PR2	Mécanique et ingénierie	CIS
BALBO	Flavien	PR2	Informatique	FAYOL
BASSEREAU	Jean-François	PR	Sciences et génie des matériaux	SMS
BATTAIA-GUSCHINSKAYA	Olga	CR	Génie industriel	FAYOL
BATTON-HUBERT	Mireille	PR2	Sciences et génie de l'environnement	FAYOL
BERGER DOUCE	Sandrine	PR2	Sciences de gestion	FAYOL
BIGOT	Jean Pierre	MR(DR2)	Génie des Procédés	SPIN
BILAL	Essaid	DR	Sciences de la Terre	SPIN
BLAYAC	Sylvain	MA(MDC)	Microélectronique	CMP
BOISSIER	Olivier	PR1	Informatique	FAYOL
BONNEFOY	Olivier	MA(MDC)	Génie des Procédés	SPIN
BORBELY	Andras	MR(DR2)	Sciences et génie des matériaux	SMS
BOUCHER	Xavier	PR2	Génie Industriel	FAYOL
BRODHAG	Christian	DR	Sciences et génie de l'environnement	FAYOL
BRUCHON	Julien	MA(MDC)	Mécanique et ingénierie	SMS
BURLAT	Patrick	PR1	Génie Industriel	FAYOL
COURNIL	Michel	PR0	Génie des Procédés	DIR
DAUZERE-PERES	Stéphane	PR1	Génie Industriel	CMP
DEBAYLE	Johan	CR	Image Vision Signal	CIS
DELAFOSSSE	David	PR0	Sciences et génie des matériaux	SMS
DELORME	Xavier	MA(MDC)	Génie industriel	FAYOL
DESRAYAUD	Christophe	PR1	Mécanique et ingénierie	SMS
DOLGUI	Alexandre	PR0	Génie Industriel	FAYOL
DRAPIER	Sylvain	PR1	Mécanique et ingénierie	SMS
FAVERGEON	Loïc	CR	Génie des Procédés	SPIN
FEILLET	Dominique	PR1	Génie Industriel	CMP
FRACZKIEWICZ	Anna	DR	Sciences et génie des matériaux	SMS
GARCIA	Daniel	MR(DR2)	Génie des Procédés	SPIN
GAVET	Yann	MA(MDC)	Image Vision Signal	CIS
GERINGER	Jean	MA(MDC)	Sciences et génie des matériaux	CIS
GOEURIOT	Dominique	DR	Sciences et génie des matériaux	SMS
GONDRAN	Natacha	MA(MDC)	Sciences et génie de l'environnement	FAYOL
GRAILLOT	Didier	DR	Sciences et génie de l'environnement	SPIN
GROSSEAU	Philippe	DR	Génie des Procédés	SPIN
GRUY	Frédéric	PR1	Génie des Procédés	SPIN
GUY	Bernard	DR	Sciences de la Terre	SPIN
HAN	Woo-Suck	MR	Mécanique et ingénierie	SMS
HERRI	Jean Michel	PR1	Génie des Procédés	SPIN
KERMOUCHE	Guillaume	PR2	Mécanique et Ingénierie	SMS
KLOCKER	Helmut	DR	Sciences et génie des matériaux	SMS
LAFOREST	Valérie	MR(DR2)	Sciences et génie de l'environnement	FAYOL
LERICHE	Rodolphe	CR	Mécanique et ingénierie	FAYOL
LI	Jean-Michel		Microélectronique	CMP
MALLIARAS	Georges	PR1	Microélectronique	CMP
MAURINE	Philippe	Ingénieur de recherche	Microélectronique	CMP
MOLIMARD	Jérôme	PR2	Mécanique et ingénierie	CIS
MONTHILLET	Frank	DR	Sciences et génie des matériaux	SMS
MOUTTE	Jacques	CR	Génie des Procédés	SPIN
NEUBERT	Gilles	PR	Génie industriel	FAYOL
NIKOLOVSKI	Jean-Pierre	Ingénieur de recherche		CMP
NORTIER	Patrice	PR1		SPIN
OWENS	Rosin	MA(MDC)	Microélectronique	CMP
PICARD	Gauthier	MA(MDC)	Informatique	FAYOL
PIJOLAT	Christophe	PR0	Génie des Procédés	SPIN
PIJOLAT	Michèle	PR1	Génie des Procédés	SPIN
PINOLI	Jean Charles	PR0	Image Vision Signal	CIS
POURCHEZ	Jérémy	MR	Génie des Procédés	CIS
ROBISSON	Bruno	Ingénieur de recherche	Microélectronique	CMP
ROUSSY	Agnès	MA(MDC)	Génie industriel	CMP
ROUSTANT	Olivier	MA(MDC)	Mathématiques appliquées	FAYOL
ROUX	Christian	PR	Image Vision Signal	CIS
STOLARZ	Jacques	CR	Sciences et génie des matériaux	SMS
TRIA	Assia	Ingénieur de recherche	Microélectronique	CMP
VALDIVIESO	François	PR2	Sciences et génie des matériaux	SMS
VIRICELLE	Jean Paul	DR	Génie des Procédés	SPIN
WOLSKI	Krzysztof	DR	Sciences et génie des matériaux	SMS
XIE	Xiaolan	PR1	Génie industriel	CIS
YUGMA	Gallian	CR	Génie industriel	CMP

**ENISE : Enseignants-chercheurs et chercheurs autorisés à diriger des thèses de doctorat (titulaires d'un doctorat d'État ou d'une HDR)**

BERGHEAU	Jean-Michel	PU	Mécanique et Ingénierie	ENISE
BERTRAND	Philippe	MCF	Génie des procédés	ENISE
DUBUJET	Philippe	PU	Mécanique et Ingénierie	ENISE
FEULVARCH	Eric	MCF	Mécanique et Ingénierie	ENISE
FORTUNIER	Roland	PR	Sciences et Génie des matériaux	ENISE
GUSSAROV	Andrey	Enseignant contractuel	Génie des procédés	ENISE
HAMDI	Hédi	MCF	Mécanique et Ingénierie	ENISE
LYONNET	Patrick	PU	Mécanique et Ingénierie	ENISE
RECH	Joël	PU	Mécanique et Ingénierie	ENISE
SMUROV	Igor	PU	Mécanique et Ingénierie	ENISE
TOSCANO	Rosario	PU	Mécanique et Ingénierie	ENISE
ZAHOUANI	Hassan	PU	Mécanique et Ingénierie	ENISE

**THESE**

présentée par

*Thomas Franck*

Spécialité : Génie Industriel



# Remerciements

Tout d'abord je remercie vivement M Jean-Charles Billaut pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de ma thèse ainsi que d'avoir accepté d'être rapporteur. Je remercie également M. Thierry Chausalet pour avoir rapporté ma thèse tout comme Mme. Evren Sahin qui a accepté d'être examinatrice pour cette soutenance. Leurs conseils avisés et pertinents m'ont permis de compléter ma thèse et de l'améliorer.

Je tiens à remercier très chaleureusement mon équipe encadrante et tout particulièrement mon directeur de thèse M. Xiaolan Xie dont les conseils ont été déterminants dans l'orientation des recherches et leur pertinence. Je tiens également à remercier M. Vincent Augusto qui m'a permis avec la qualité de son encadrement à progresser en tant que chercheur et dans le domaine technique. Je remercie M. Régis Gonthier pour avoir apporté une expertise médicale à cette thèse et avoir pris le temps de me faire découvrir le monde si complexe de la gériatrie.

Je remercie Mme. Justine Dijon avec qui j'ai eu le plaisir de travailler lors de la partie sur la hotline gériatrique. Les données récoltées lors de ta thèse de médecine et les conclusions de celle-ci furent d'une grande aide pour pouvoir faire ma partie.

Je tiens également à remercier les équipes du CHU de Saint-Etienne et particulièrement de l'hôpital de la Charité pour le temps qu'ils ont passé sur leurs heures de travail pour m'expliquer les particularités et la difficulté à travailler avec des patients âgés. Je remercie également tout le personnel des autres centres hospitaliers que j'ai eu la chance de pouvoir visiter (Lyon, Clermont-Ferrand et Grenoble).

Je remercie encore une fois M. Thierry Chausalet pour m'avoir accueilli à l'université de Westminster pendant 5 mois. J'associe évidemment toute l'équipe de Westminster dans ces remerciements : Pilippe, Salma, Sarah et particulièrement Artie pour ces passages au pub après le travail.

Je remercie toute l'équipe I4S dont les permanents M. Thierry Garaix, M. Raksmei Phan et Mm. Marianne Sarazin qui ont toujours su me conseiller lorsque j'en ai eu besoin. Je remercie également tous les doctorants et post-doctorants que j'ai pu croiser lors de ces 3 ans et demi.

Je remercie également l'équipe Administrative du CIS, Mme. Amélie Chatagnon et Mme Françoise Bresson pour leur aide tout au long de cette thèse pour les inscriptions et les conférences pour lesquelles je m'y prends toujours au dernier moment.

Je remercie tout particulièrement Afafe pour son aide précieuse pour les dernières heures avant la soutenance et pour m'avoir laissé de si nombreuses fois squatter son canapé (tout comme Jean-Charles). Je remercie également Romain pour tous ces retours en voiture le vendredi soir.

Je remercie enfin ma famille, mes parents, mon frère ainsi que tous mes amis qui m'ont délivré un soutien précieux pour arriver au bout de cette aventure.



# Table des matières

Liste des figures	10
Liste des tableaux	11
Liste des acronymes	13
Introduction générale	15
<b>1 Contexte des soins aux personnes âgées et état de l'art</b>	<b>19</b>
1.1 Les caractéristiques des personnes âgées . . . . .	19
1.1.1 La multimorbidité . . . . .	19
1.1.2 L'état fonctionnel . . . . .	20
1.1.3 La vulnérabilité sociale . . . . .	23
1.2 La prise en charge hospitalière : la filière gériatrique . . . . .	23
1.2.1 Les raisons de la filière gériatrique . . . . .	23
1.2.2 L'accès direct à l'hospitalisation gériatrique . . . . .	24
1.2.3 L'hospitalisation gériatrique . . . . .	25
1.2.4 La réadaptation (reprise d'autonomie fonctionnelle) . . . . .	26
1.3 L'accompagnement de la perte d'autonomie (Soins de Longue Durée) . . . . .	27
1.3.1 Le maintien à domicile . . . . .	27
1.3.2 Les structures résidentielles (ou les institutions) . . . . .	28
1.4 Etat de l'art . . . . .	30
1.4.1 Les systèmes de soins hospitaliers . . . . .	30
1.4.2 Projections des besoins en Soins de longue durée . . . . .	36
1.4.3 Positionnement de la thèse dans la littérature . . . . .	37
<b>2 Ingénierie des soins aigus</b>	<b>41</b>
2.1 Problématiques d'hospitalisation non-programmée des personnes âgées . . . . .	41
2.1.1 Contexte . . . . .	41
2.1.2 Problématiques . . . . .	42
2.2 Intégration des services CSG et SSRG . . . . .	43
2.2.1 Introduction . . . . .	43
2.2.2 Contexte de l'intégration dans un département gériatrique . . . . .	44
2.2.3 Comparaison qualitative d'organisations intégrées et fragmentées dans la région Auvergne Rhône Alpes . . . . .	45
2.2.4 Hypothèses et modèle de Simulation . . . . .	48
2.2.5 Jeu de données, distributions et validation du modèle . . . . .	50
2.2.6 Scénarios et indicateurs . . . . .	51



2.2.7	Résultats Numériques . . . . .	52
2.2.8	Analyse économique . . . . .	54
2.3	Evaluation de l'impact de la mise en place d'une "Hotline gériatrique" . . .	58
2.3.1	Contexte de l'étude . . . . .	58
2.3.2	Description informelle des parcours des patients . . . . .	59
2.3.3	Modélisation . . . . .	60
2.3.4	Plan d'expérience et indicateurs de performance . . . . .	63
2.3.5	Résultats numériques . . . . .	64
2.4	Conclusion . . . . .	66
2.4.1	Synthèse . . . . .	66
2.4.2	Perspectives . . . . .	68
<b>3</b>	<b>Modélisation des parcours de santé et dimensionnement des soins de longue durée</b>	<b>71</b>
3.1	Introduction . . . . .	71
3.1.1	Contexte . . . . .	71
3.1.2	Contributions Scientifiques . . . . .	73
3.2	Cadre de Modélisation . . . . .	73
3.2.1	Les territoires de santé . . . . .	73
3.2.2	Les structures . . . . .	74
3.2.3	Les Etats . . . . .	75
3.2.4	Le graphe d'états . . . . .	76
3.2.5	Les solutions . . . . .	77
3.3	Modèle de Simulation . . . . .	82
3.3.1	Principe général du modèle . . . . .	82
3.3.2	Paramètres du modèle . . . . .	83
3.3.3	La création des solutions . . . . .	84
3.3.4	La création des personnes âgées . . . . .	86
3.3.5	Règle de pilotage de l'admission dans les structures . . . . .	87
3.3.6	Les transitions entre les états . . . . .	91
3.3.7	Les indicateurs de performance . . . . .	92
3.4	Résultats Numériques . . . . .	94
3.4.1	Collecte des données . . . . .	94
3.4.2	Paramètres territoriaux et démographiques . . . . .	94
3.4.3	Evaluation des politiques de dimensionnement . . . . .	94
3.4.4	Résultats . . . . .	95
3.5	Conclusion et perspectives . . . . .	99
3.5.1	Synthèse . . . . .	99
3.5.2	Perspectives . . . . .	100
<b>4</b>	<b>Optimisation stochastique et dynamique pour le pilotage des parcours de santé</b>	<b>103</b>
4.1	Introduction . . . . .	103
4.2	Description du Système . . . . .	104
4.2.1	Les structures de soins de longue durée . . . . .	104
4.2.2	Les états . . . . .	105

4.3	Optimisation mathématique du problème d'affectation des personnes âgées aux structures de soins de longue durée . . . . .	106
4.3.1	Horizon de temps . . . . .	106
4.3.2	Ensembles . . . . .	106
4.3.3	Séquences . . . . .	107
4.3.4	Enumération des séquences de structures . . . . .	108
4.3.5	Génération des séquences d'états . . . . .	110
4.3.6	Création de nouvelles personnes âgées . . . . .	111
4.3.7	Formulation mathématique . . . . .	112
4.3.8	Résumé . . . . .	114
4.4	Evaluation des décisions par la simulation . . . . .	115
4.4.1	Motivation . . . . .	115
4.4.2	La procédure de Simulation . . . . .	116
4.4.3	Indicateurs de Performance . . . . .	117
4.5	Résultats Numériques . . . . .	118
4.5.1	Paramétrage du modèle . . . . .	118
4.5.2	Plan d'expériences . . . . .	118
4.5.3	Résultats quantitatifs . . . . .	119
4.5.4	Analyse qualitative . . . . .	123
4.5.5	Conclusion . . . . .	125
<b>A</b>	<b>Résultats supplémentaires de la Hotline Gériatrique</b>	<b>133</b>
<b>B</b>	<b>Algorithme d'admission d'une personne âgée après un changement d'état</b>	<b>137</b>
<b>C</b>	<b>Probabilités de transition de la chaîne de Markov du chapitre 4</b>	<b>141</b>
<b>D</b>	<b>Description de l'algorithme simple (FIFO)</b>	<b>143</b>
	<b>Publications</b>	<b>145</b>



# Table des figures

1	Exemple d'une bonne et d'une mauvaise prise en charge . . . . .	16
1.1	Récupération d'évènements aigus en période de fragilité . . . . .	21
1.2	Evolution du nombre de places de structures résidentielles depuis 2011 (Muller, 2017) . . . . .	31
1.3	Tarifs d'hébergement à la journée des EHPAD (Muller, 2017) . . . . .	32
1.4	Réseau de Pétri extrait de Augusto (2008) . . . . .	32
1.5	Cadre de modélisation de Augusto et Xie (2014) . . . . .	34
1.6	Modèle de base de (El-Darzi <i>et al.</i> , 1998) . . . . .	35
1.7	Chaine de Markov utilisée dans Cardoso <i>et al.</i> (2012) . . . . .	38
2.1	Parcours des personnes âgées admises à l'hôpital par le SAU . . . . .	42
2.2	Organisation intégrée . . . . .	46
2.3	Organisation fragmentée . . . . .	46
2.4	Différence entre l'organisation Intégrée et fragmentée . . . . .	49
2.5	Occupation des structures . . . . .	53
2.6	Nombre de patients admis et refusés . . . . .	54
2.7	Nombre de patients qui ont attendu entre le CSG et le SSRG . . . . .	55
2.8	Durée de moyenne de séjour . . . . .	55
2.9	Coûts et remboursements supplémentaires . . . . .	57
2.10	Fonctionnement de la hotline gériatrique à Saint-Etienne . . . . .	59
2.11	Modèle d'admission en CSG . . . . .	61
2.12	Nombre de patients redirigés vers les urgences avec une affluence modérée (EXPO(0.45)) . . . . .	64
2.13	Nombre de patients redirigés vers les urgences avec une affluence élevée (EXPO(0.45)) . . . . .	65
2.14	Nombre totale de patients admis au CSG . . . . .	66
2.15	Nombre total de patients total admis au CSG . . . . .	67
2.16	Problème des admissions venant d'autres services en SSRG . . . . .	69
2.17	Exemple d'une distribution Coxian Phase Type (Marshall et McClean, 2004) . . . . .	69
3.1	Graphe d'états . . . . .	78
3.2	Principe général du modèle . . . . .	82
3.3	Les transitions . . . . .	92
3.4	Occupations des types de structures . . . . .	96
3.5	Scores dans les états . . . . .	97
3.6	Taux d'hospitalisation dans les états . . . . .	97
3.7	Durées de séjour dans les états . . . . .	98

3.8	Parcours dans les différents scénarios . . . . .	99
3.9	Exemple d'interactions dans un système multiagents . . . . .	101
4.1	Chaîne de Markov pour les transition d'états . . . . .	111
4.2	Résumé des différentes étapes du modèle d'optimisation . . . . .	115
4.3	Procédure de Simulation . . . . .	117
4.4	KPI1 : nombre de choix (de placements) . . . . .	120
4.5	KPI2 : score moyen des choix (des placements) . . . . .	121
4.6	KPI3 : nombre de bons placements . . . . .	122
4.7	KPI4 : nombre de mauvais placements . . . . .	123
4.8	KPI5 : durée de vie dans l'état 3 . . . . .	124
4.9	Exemple de parcours . . . . .	124
4.10	Parcours détaillés des personnes âgées . . . . .	126
A.1	Occupation du service . . . . .	134
A.2	Nombre de patients amis via la hotline vs le SAU (Affluence modérée) . . .	134
A.3	Nombre de patients amis via la hotline vs le SAU (Affluence élevée) . . .	135
A.4	Durée de l'attente au SAU (affluence modérée) . . . . .	136
A.5	Durée de l'attente au SAU (affluence élevée) . . . . .	136

# Liste des tableaux

2.1	Comparaison des départements gériatriques de Saint-Etienne, Grenoble, Lyon et Clermont-Ferrand . . . . .	47
2.2	Description des places et des transitions . . . . .	50
2.3	Paramètres et distributions du modèle . . . . .	51
2.4	Validation du modèle de Simulation . . . . .	51
2.5	Plan d'expérience . . . . .	52
2.6	Validation des dépenses et remboursements . . . . .	57
3.1	Les caractéristiques des types de structures de soins de longues durées . . .	75
3.2	Liste des différents états . . . . .	77
3.3	Liste Solutions Etat1 . . . . .	78
3.4	Liste Solutions Etat2 . . . . .	79
3.5	Liste Solutions Etat3 . . . . .	79
3.6	Liste Solutions Etat4 . . . . .	80
3.7	Liste Solutions Etat5 . . . . .	80
3.8	Liste Solutions Etat6 . . . . .	81
3.9	Liste Solutions Etat7 . . . . .	81
3.10	Liste Solutions Etat8 . . . . .	82
3.11	Plan d'expérience . . . . .	95
4.1	Types de Structures . . . . .	105
4.2	Etats et listes des besoins . . . . .	106
4.3	Exemple d'une énumération de séquences de structures . . . . .	110
4.4	Exemple de génération des Séquences d'Etats . . . . .	112
4.5	Exemple d'énumération de séquences de structures d'une personne âgée qui arrive en période 2 . . . . .	112
4.6	Configurations des paramètres . . . . .	119
C.1	Probabilités de transition . . . . .	142



# Liste des acronymes

**ADL** : Activities of Daily Living  
**AGGIR (grille)** : Autonomie, Gérontologie, Groupes Iso-Ressources **ANAP** : Agence Nationale d'Appui à la Performance  
**APA** : Aide Pour l'Autonomie  
**APL** : Aide Pour le Logement  
**ARIS** : Architecture of Integrated Information Systems  
**ATIH** : Agence Technique pour l'Innovation Hospitalière  
**BPMN** : Business Process Model and Notation  
**CSG** : Court Séjour Gériatrique  
**CHU** : Centre Hospitalier Universitaire  
**DE** : Domicile Equipé  
**DMS** : Durée Moyenne de Séjour  
**DNE** : Domicile Non Equipé  
**EHPAD** : Etablissement d'Hebergement pour Personnes Agées Dépendantes  
**FIFO** : First In First Out  
**GHM** : Groupe Homogène de Malades  
**GIR** : Groupes Iso-Ressources  
**GRAI** : Graphes et Réseaux d'Activités Inter-reliés)  
**iADL** : Instrumental Activities of Daily Living  
**IDE** : Infirmier(e) Diplômé(e) d'Etat **INSEE** : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques  
**MAIA** : Méthode d'Action pour l'Intégration des services d'aide et de soins dans le champ de l'Autonomie  
**NPG** : Neuro Psychiatrie Gériatrique  
**PLNE** : Programme Linéaire en Nombres Entiers  
**PRISMA** : Programme de Recherche sur l'Intégration des Services de Maintien de l'Autonomie  
**PSSRU** : Personal Social Services Research Unit  
**RA** : Résidence Autonomie  
**SAAD** : Service d'Aide et d'Accompagnement à Domicile  
**SADT** : Structured Analysis and Design Technics  
**SAU** : Service d'Accueil des Urgences  
**SPASD** : Service Polyvalent d'Aide et de Soins à Domicile  
**SSIAD** : Service de Soins Infirmiers A Domicile  
**SSRG** : Soins de Suite et de Réadaptation Gériatrique  
**SSRGR** : Soins de Suite et de Réadaptation Gériatrique Rééducation  
**T2A** : Tarification A l'Acitivité



**UML** : Unified Modelling Language

**USLD** : Unité de Soins de Longue Durée

# Introduction générale

Le nombre de personnes âgées dépendantes est amené à augmenter de manière conséquente lors des prochaines années. Une étude de l'Institut National de la statistique et des Etudes Economiques (INSEE) prédit 2 020 000 sujets âgés à l'horizon 2040 contre 1 165 000 en 2011 avec une accélération à partir de 2020 (Charpin et Tlili, 2011). L'augmentation de cette population exige des réponses en matière de prise en charge médicale mais également sociale.

Les personnes âgées diffèrent des autres types de patients car ils sont sujets à la multimorbidité, la perte d'autonomie fonctionnelle et sont également vulnérables. La multimorbidité est l'accumulation de maladies chroniques (maladies sur le long terme) comme le diabète ou la maladie d'Alzheimer. La perte d'autonomie fonctionnelle signifie que la personne âgée ne peut plus assurer des tâches pratiques du quotidien comme faire à manger, faire les courses ou conduire (les Instrument Activities of Daily Living), et/ou des activités essentielles comme se déplacer, se laver ou manger (les Activities of Daily Living). La vulnérabilité peut se définir comme l'ensemble des précarités qui peuvent toucher la personne âgée comme la précarité financière (faibles revenus), précarité géographique (milieu ruraux isolés) ou la précarité sociale (vivre seul sans ou avec peu de contacts extérieurs).

La prise en charge des personnes âgées se décompose en deux volets : (i) les soins aigus et (ii) les soins de longue durée. Les soins aigus concernent des problèmes de santé ponctuels et limités dans le temps comme par exemple une fracture à cause d'une chute. Ce type d'évènements provoque généralement une hospitalisation non programmée. Dans ce cas il est important que les patients soient pris en charge dans des services adaptés à leurs caractéristiques (multimorbidité, perte d'autonomie et vulnérabilité) ce qui est le cas dans les départements gériatriques. Le service des urgences est également une problématique car le manque de temps et la surcharge d'activité empêchent une prise en charge adéquate de la personne âgée ce qui la place dans une situation de fragilité. Ce service reste cependant la porte d'entrée à l'hôpital la plus utilisée.

Les soins de longue durée concernent la prise en charge des patients âgés au quotidien et sur le long terme. Leur but est de prévenir et/ou de prendre en charge la perte d'autonomie au quotidien. On peut diviser les soins de longue durée en deux catégories : (i) le maintien à domicile et (ii) l'entrée en institution. Dans le premier cas la personne âgée conserve son habitat et les structures de soins (médicaux ou non) se déplacent à son domicile. Dans le cadre d'une entrée en institution (par exemple une EHPAD) la personne âgée change de lieu de vie car sa situation exige une aide quasiment permanente (par exemple en cas de maladie d'Alzheimer sévère).

La prise en charge des évènements aigus peut avoir un impact sur la perte d'autonomie de la personne âgée si l'hospitalisation n'est pas adaptée et entraîner un changement de prise en charge sur le long terme (plus d'aides à domicile ou entrée en institution). De la

même manière si la prise en charge sur le long terme n'est pas bonne, le risque est d'avoir des évènements aigus et des hospitalisations à répétition. L'enjeu pour les territoires de soins est de fournir une offre de soins permettant une prise en charge variée et adaptée aux personnes âgées pour éviter le cercle vicieux : mauvaise solution sur le long terme, augmentation du nombre d'hospitalisations, dégradation de l'état fonctionnel. La figure 1 présente les caractéristiques d'une bonne ou d'une mauvaise prise en charge.

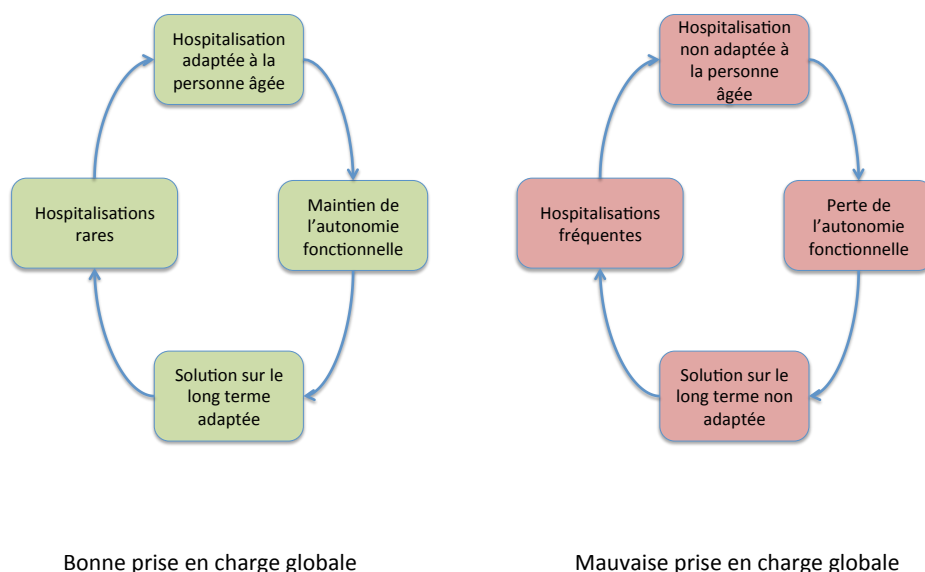


FIGURE 1 – Exemple d'une bonne et d'une mauvaise prise en charge

## Organisation de la thèse

L'objectif de cette thèse est de modéliser et d'évaluer les solutions permettant de se rapprocher au maximum d'une bonne prise en charge globale des personnes âgées (parcours en vert sur la figure 1). Elle est composée de 4 chapitres.

Le chapitre 1 propose une présentation des caractéristiques des personnes âgées (multimorbidité, perte d'autonomie fonctionnelle et vulnérabilité sociale). Nous présentons ensuite les différents services permettant de prendre en charge les hospitalisations aiguës (la filière gériatrique) en privilégiant un accès direct en Court Séjour et en favorisant la réadaptation du patient. De la même manière nous présenterons les différentes structures de soins de longue durée permettant le maintien à domicile de la personne âgée ainsi que les différents types de structures résidentielles. Enfin un état de l'art dans le domaine du Génie Industriel aborde les différentes méthodes de modélisation et de simulation des services hospitaliers ainsi que les travaux qui ont traité le problème des soins de longue durée.

Le chapitre 2 propose une modélisation et une évaluation de deux solutions mises en place par le CHU de Saint-Etienne dans sa filière gériatrique. La première est l'intégration des soins dans le service de Court Séjour Gériatrique (CSG) et le service de Soins

de Suite et de Réadaptation Gériatrique (SSRG) qui consiste à mutualiser les ressources de ces deux services (lits, personnel soignant, etc...). Cette organisation permet la continuité des soins et d'éviter au patient des changements d'environnement supplémentaires. Nous avons procédé à une comparaison qualitative dans la région Auvergne Rhône Alpes entre 4 hôpitaux, deux utilisant une organisation intégrée (Saint-Etienne et Grenoble) et deux utilisant une organisation fragmentée où les deux services sont séparés (Lyon et Clermont-Ferrand). Nous utilisons ensuite la Simulation à Evénements Discrets pour simuler les deux types d'organisations et déterminer le nombre de lits optimal dans chaque service pour une organisation fragmentée. Une analyse économique est ensuite proposée pour étudier l'impact du mauvais dimensionnement des services sur le remboursement des hospitalisations en prenant en compte le système de tarification à l'activité (T2A).

La deuxième partie de ce chapitre est une étude de la hotline gériatrique qui est une ligne téléphonique directe entre les médecins du département gériatrique et les médecins généralistes de ville. Le but est de permettre une entrée directe au Court-Séjour Gériatrique sans passer par le service des urgences. Chaque jour et dans la limite des places disponibles, deux lits sont réservés pour la hotline dans les services de CSG jusqu'à 13h. Nous proposons une simulation à événements discrets pour étudier l'impact d'une augmentation du nombre de lits dédiés à la hotline dans le CSG et en permettant de réserver des lits sur les trois prochains jours.

Le chapitre 3 propose un modèle pour analyser les parcours de soins sur le long terme et dimensionner les territoires de soins de longue durée. Nous nous basons sur une chaîne de Markov pour modéliser les états de santé des personnes âgées selon 3 critères (multimorbidité, dépendance et isolement social). Pour chaque état une liste de solutions (une ou plusieurs structures de soins) possibles et hiérarchisées a été établie avec des médecins gériatriques. Nous simulons ce modèle dans le but de mesurer les impacts des différentes politiques de dimensionnement comme par exemple privilégier le maintien au domicile au détriment des structures résidentielles ou l'inverse. Nous utilisons des indicateurs de performance comme la durée de séjour dans chaque état ou la pertinence des solutions des personnes âgées en fonction de leur état de santé.

Le chapitre 4 présente un modèle d'optimisation stochastique dont le but est d'affecter les personnes âgées dans les structures de soins résidentielles de manière centralisée. Ce modèle doit pouvoir donner aux décideurs une affectation pour la population âgée d'un territoire de soins. Les personnes âgées sont dans un état qui correspond à leur besoin en structure résidentielle. L'enjeu pour chaque personne âgée consiste à savoir si elle doit être placée dans la structure disponible la plus adaptée immédiatement (qui n'est pas forcément la plus adaptée à son état) ou attendre qu'une place se libère dans une structure plus adaptée. Pour cela nous construisons des séquences des possibles affectations sur un horizon de temps et nous en déduisons une projection des états de santé possibles de la personne âgées sur cette horizon. Le modèle maximise l'état de santé global des personnes âgées sur l'horizon de temps dans le modèle d'optimisation. Nous intégrons ensuite ce modèle dans une procédure de simulation pour mesurer sa pertinence sur le long terme avec des indicateurs comme la pertinence des placements ou la durée de vie dans un état.



# Chapitre 1

## Contexte des soins aux personnes âgées et état de l'art

Les personnes âgées présentent des caractéristiques différentes du reste de la population. Cette particularité fait que la prise en charge médicale doit être adaptée afin de répondre efficacement aux problèmes occasionnés par le grand âge. Cette problématique touche aussi bien les événements aigus qui occasionnent des hospitalisations non programmées que la prise en charge sur le long terme qui doit fournir à la personne âgée un mode de vie qui prenant en compte son déclin fonctionnel et de le limiter au maximum. Dans ce chapitre nous allons détailler ces différentes caractéristiques et présenter les différentes prises en charge possibles dans notre système de santé.

### 1.1 Les caractéristiques des personnes âgées

#### 1.1.1 La multimorbidité

Les maladies chroniques sont des pathologies qui provoquent des incapacités et qui ont une durée longue (des mois ou des années) et qui pour beaucoup persistent jusqu'à la fin de vie de la personne (Briançon *et al.*, 2010). La définition des maladies chroniques est large et elle comprend des pathologies de types différents comme le diabète, le cancer ou les maladies cardio-vasculaires. Ces maladies se caractérisent par leur durée et dans leur gestion car elles diffèrent du schéma classique symptôme-diagnostic-traitement-guérison (mort) (Baszanger, 1986). La multimorbidité (ou polypathologie) est le fait d'avoir plusieurs de ces maladies chroniques simultanément (Höpflinger et Hugentobler, 2003). Les personnes âgées ont la particularité d'être dans la plupart des cas sujets à la multimorbidité. Ce facteur remet en cause l'approche d'hospitalisation centrée sur les problèmes aigus dû à une monopathologie car la gestion de la multimorbidité implique de traiter plusieurs maladies de natures différentes et par conséquent une prise en charge pluridisciplinaire. La multimorbidité change également le mode de vie d'une personne âgée car elle peut exiger des gestes médicaux quotidiens et dégrader l'état fonctionnel de l'individu (perte d'autonomie).

### 1.1.2 L'état fonctionnel

De manière schématique les personnes âgées ont un niveau d'état fonctionnel que nous diviserons en 3 situations possibles. L'absence de perte d'autonomie (ou très faible), l'état de pré-incapacité (aussi appelé fragilité) et l'incapacité permanente (personnes âgées dépendantes).

#### L'absence de perte d'autonomie fonctionnelle

L'absence de perte d'autonomie est une des caractéristiques du "vieillesse réussi" qui consiste au maintien des capacités fonctionnelles et l'absence de pathologies chroniques sévères (Le Deun et Gentric, 2007). Ce modèle s'appuie sur l'approche théorique de Rowe et Kahn (Rowe et Kahn, 1987, 1997) qui proposent 3 composantes du bien vieillir : une faible probabilité de maladies, une capacité fonctionnelle maintenue ainsi qu'une implication dans la vie sociale. Pour eux le bon vieillissement est conditionné par le maintien des bonnes habitudes de vie malgré l'avancée en âge (Kaeser et Roch, 2013). Par exemple ces bonnes habitudes peuvent être un maintien de l'activité physique dans des tâches quotidiennes (marcher pour faire les courses) et une bonne hygiène de vie comme ne pas fumer.

#### La pré-incapacité ou état de fragilité

La pré-incapacité est également désignée par le terme de fragilité. Ce concept a été défini par Hogan (2006) d'après les travaux effectués lors de la " Canadian Initiative on Frailty and Aging" en 2003 même s'il n'existe pas encore de définition mondialement reconnue (Bergman *et al.*, 2004). La fragilité concerne les personnes âgées plus exposées aux perturbations comme les changements de température, les blessures et les événements aigus. Le patient fragile présente plusieurs caractéristiques comme un âge très élevé (supérieur à 90 ans voire 85 ans). Il a parfois commencé à avoir des difficultés dans les activités de la vie quotidienne (comme par exemple conduire ou faire à manger) et l'altération des fonctions supérieures, une déficience rénale ou une altération de la thymie. Le contexte social (solitude, veuvage ou pauvreté) ainsi que le mode de vie (sédentarité, confinement, instabilité) sont aussi des signes d'une potentielle fragilité. On peut noter également une prise importante de médicaments.

La figure 1.1 montre l'impact d'un événement aigu (avec hospitalisation) sur un sujet âgé fragile. La réserve fonctionnelle (autonomie) est divisée en 3 parties : vigoureux (absence de perte d'autonomie), fragile (pré-incapacité) et insuffisance fonctionnelle (dépendance). On peut voir que le patient vigoureux pourra avoir une récupération complète suite à une légère baisse fonctionnelle inhérente à son hospitalisation. C'est à dire qu'à moyen terme l'évènement aigu n'aura eu aucun impact sur sa fonctionnalité. Dans le cas d'un patient fragile il y a 3 courbes de récupération possibles. La première est une récupération précoce qui implique que la prise en charge du patient a été adaptée à ses caractéristiques de fragilité. Le patient peut donc avoir une récupération complète et même améliorer sa fonctionnalité s'il est mis en place une prise en charge de sa fragilité lors du retour à domicile. Les deux autres courbes représentent les possibilités d'évolution si la prise en charge de l'évènement aigu ne tient pas en compte la situation de fragilité de la personne âgée. Le patient peut alors, sur le long terme, entrer en phase d'instabilité où il alternera entre fragilité et insuffisance fonctionnelle, c'est à dire la dépendance. Dans le

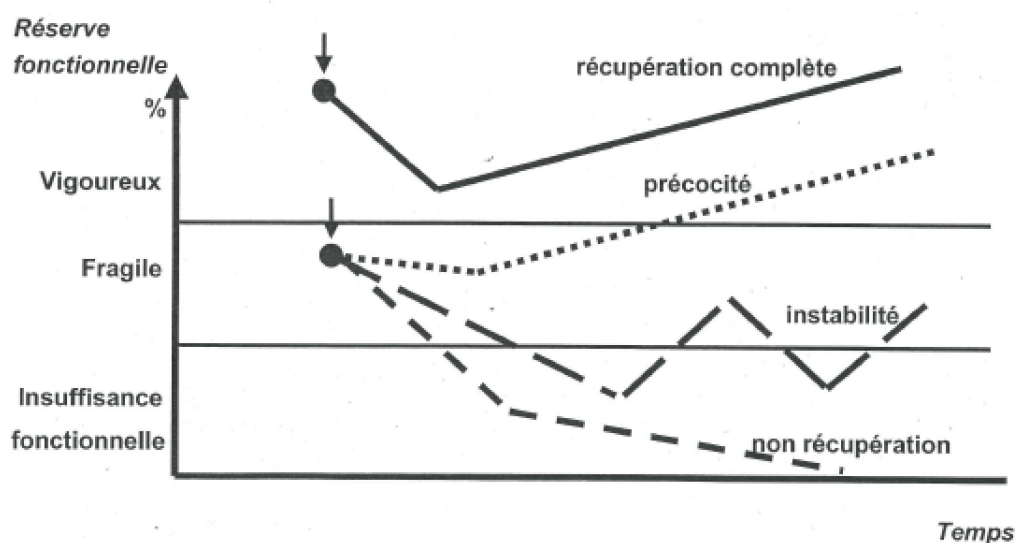


FIGURE 1.1 – Récupération d'évènements aigus en période de fragilité

pire des cas la personne âgée ne pourra pas récupérer son autonomie et basculera définitivement en phase d'insuffisance fonctionnelle. Dans ce cas là, un changement de prise en charge au quotidien va être nécessaire, comme par exemple un recours aux services d'aide à domicile ou une entrée en institution.

La prise en charge de la fragilité lors d'une hospitalisation est donc très importante pour le maintien fonctionnel des personnes âgées et nécessite d'être détectée rapidement. Pour cela les moyens préconisés sont une rééducation et un maintien de la personne âgée au quotidien (activité physique), une réduction du temps d'alitement, une prise en charge tenant en compte les différentes pathologies de la personne âgée. De plus il est important de maintenir à son retour au domicile la personne fragile dans son cercle social, prévenir les risques de dépression et de troubles cognitifs ainsi que d'assurer l'équilibre nutritionnel (en fournissant une aide aux repas par exemple).

### La perte d'autonomie fonctionnelle

La perte d'autonomie fonctionnelle pour une personne âgée consiste à se retrouver en situation d'incapacité pour les gestes du quotidien ou en situation de handicap. Ces termes ont été classifiés par l'Organisation Mondiale de la Santé. L'incapacité se définit par les conséquences de la déficience d'un organe ou d'un système sur le fonctionnement de l'individu en terme de limitation de fonction ou restriction d'activités (Hébert, 2003). Le handicap est une résultante de l'incapacité qui empêche l'individu de pouvoir vivre normalement dans la société (De Kleijn-De Vrankrijker, 2003). L'incapacité est divisée en deux groupes (Bleijenberg *et al.*, 2017) :

- **Instrumental Activities of Daily Living (IADL)** : Ce sont les activités dites "instrumentales" c'est à dire une incapacité à réaliser des tâches complexes du quotidien (par exemple conduire une voiture ou cuisiner). La perte d'IADLs entraîne une assistance ciblée sur ces tâches comme des aides ménagères. Cependant cela



ne nécessite pas une prise en charge permanente et la personne âgée peut envisager un maintien à domicile si cette incapacité n'est pas cumulée avec un besoin médical important. Lawton et Brody (1969) donnent une liste exhaustive de ces incapacités.

- **Activities of Daily Living (ADL)** : Ce sont les activités essentielles du quotidien telles que le déplacement (marcher seul) ou l'hygiène (faire sa toilette). Si une de ces activités est affectée alors le maintien à domicile devient difficile si la personne âgée ne dispose pas d'une assistance importante comportant des gestes de professionnels de santé. Katz *et al.* (1970) donnent une liste exhaustive de ces incapacités.

Le test de Katz-15 est une extension du test de Katz-6 qui donnait une échelle d'incapacité comprenant les 6 ADLs principaux (marcher, manger, se déplacer, se laver, la continence et s'habiller). Ce test est alors complété par une liste de 9 iADLs pour plus de précision sur l'état réel de la personne âgée et est considéré comme pertinent et fiable (Laan *et al.*, 2014). En France la référence la plus utilisée est la grille AGGIR dont l'échelle est la suivante (Benaim *et al.*, 2005) :

- **GIR 1** : Correspond au degré de dépendance le plus élevé, c'est-à-dire les personnes âgées ayant perdu leur autonomie mentale, corporelle, locomotrice et sociale, qui nécessitent une présence indispensable et continue d'intervenants.
- **GIR 2** : Sont classées dans ce groupe deux catégories de personnes âgées : (i) celles dont les fonctions mentales sont altérées mais qui ont conservé leurs capacités de se déplacer ; (ii) celles qui sont confinées au lit ou au fauteuil, dont les fonctions intellectuelles ne sont pas totalement altérées et dont l'état exige une prise en charge pour la plupart des activités de la vie courante.
- **GIR 3** : Ce groupe réunit les personnes âgées ayant conservé leur autonomie mentale, partiellement leur autonomie locomotrice, mais qui ont besoin quotidiennement et plusieurs fois par jour d'être aidées pour leur autonomie corporelle.
- **GIR 4** : Sont intégrées les personnes âgées n'assumant pas seules leurs transferts mais qui, une fois levées, peuvent se déplacer à l'intérieur de leur logement. Elles doivent parfois être aidées pour la toilette et l'habillage. Ce groupe s'adresse également aux personnes âgées n'ayant pas de problèmes locomoteurs mais devant être aidées pour les activités corporelles et pour les repas.
- **GIR 5** : Ce groupe comporte des personnes âgées ayant seulement besoin d'une aide ponctuelle pour la toilette, la préparation des repas et le ménage.
- **GIR 6** : Ce groupe réunit les personnes âgées n'ayant pas perdu leur autonomie pour les actes essentiels de la vie courante.

La perte d'autonomie fonctionnelle lors d'une hospitalisation non programmée est fréquente chez la personne âgée. Franco et Couturier (2002) trouvent que sur 100 personnes âgées en incapacité, seulement 10% récupèrent totalement leur autonomie (état avant hospitalisation) et ce taux est seulement de 4% après 80 ans (contre 18% avant). Les chances de récupération dépendent également de la pathologie qui a causé l'hospitalisation, par exemple 58% des patients concernés par une chirurgie de la cataracte récupèrent leur autonomie contre seulement 6% pour un AVC.

### 1.1.3 La vulnérabilité sociale

La vulnérabilité sociale est l'ensemble des composantes sociales comme le revenu, les conditions de logement ou le réseau social (Hébert, 2003). Cette caractéristique peut influencer de manière négative l'évolution de la multi-morbidité et la perte d'autonomie fonctionnelle. Barnett *et al.* (2012) trouvent dans leur étude comprenant 1751841 personnes en Ecosse que le nombre de pathologies chroniques est plus élevé chez les individus qui habitent des zones défavorisées. Ce constat confirme les résultats de Mercer et Watt (2007) qui montraient que l'espérance de vie était de 10 à 15 ans supérieure dans les quartiers aisés d'Ecosse. Plusieurs facteurs rentrent en compte comme l'éducation (meilleure connaissance de l'offre de soins) ou le revenu (possibilité de s'offrir une aide à domicile adaptée). Dans le cas où la personne âgée évolue dans un milieu non fortuné, la place des aidants (famille, amis) est très importante car l'accès aux soins professionnels est moins accessible (Dutheil, 2001). Si la personne est en situation d'isolement social alors les risques de déclin sont plus importants car il sera plus difficile d'obtenir les aides nécessaires au maintien d'une bonne qualité de vie.

## 1.2 La prise en charge hospitalière : la filière gériatrique

La filière gériatrique a pour ambition de prendre en charge les personnes âgées en prenant en compte les caractéristiques des personnes âgées présentées dans la section 1.1. Nous allons dans cette section présenter les motivations de la création d'une filière gériatrique ainsi que les services qui composent celle-ci en la divisant en 3 parties : (i) l'accès direct à l'hospitalisation, (ii) l'hospitalisation et (iii) la réadaptation et le suivi.

### 1.2.1 Les raisons de la filière gériatrique

La circulaire DHOS/O2/DGS/SD5D/n2002/157 du 18 mars 2002 relative à l'amélioration de la filière de soins gériatriques (cir, 2002) fait le constat qu'à cette date seulement 50 établissements sur 207 possédant un Service d'Accueil d'Urgence (SAU) comptent également un Court-Séjour Gériatrique. Le problème des SAU étant (par contrainte de temps et de place) d'orienter les patients en fonction des places d'aval disponible plutôt que le besoin réel des patients. Les patients risquent de ne pas avoir la prise en charge globale que leur multimorbidité impose ce qui peut avoir comme conséquences de favoriser la perte d'autonomie lors de l'hospitalisation, l'allongement de la durée de séjour ainsi que des ré-hospitalisations à répétition.

La mauvaise gestion du cas gériatrique par les services traditionnels peut être imputé à leur incapacité à mettre en place la rééducation du patient à temps, car ils ne possèdent pas de fonctionnement pluridisciplinaire (par exemple un manque de kinésithérapeutes). De la même manière, ces services sont conçus uniquement pour traiter la pathologie dont ils sont la spécialité. Par exemple un service de cardiologie ne prendra pas en compte les potentielles maladies chroniques telles que le diabète ou la désorientation temporo-spatiale ce qui peut entraîner des hospitalisations supplémentaires.

De plus, les services traditionnels ne permettent pas de détecter les symptômes débutants tels que le début de la démence et ne permettront pas d'anticiper les futures complications lors de la phase de réadaptation. Cette phase de récupération des facultés

des personnes âgées ne doit pas être synonyme de rupture des soins. Pour toutes ces raisons il est important de mettre à disposition des patients une expertise gériatrique lors des étapes de soins et d'orientation.

### 1.2.2 L'accès direct à l'hospitalisation gériatrique

La nécessité de l'accès direct à l'hospitalisation est d'éviter le service des urgences qui est facteur de perte d'autonomie de la personne âgée (Labet et Bouget, 1995). Nous allons dans cette section présenter 3 solutions mises en place par les filières gériatriques.

#### La hotline gériatrique

La hotline gériatrique est une ligne téléphonique directe qui a pour but de mettre en relation les médecins généralistes avec des médecins des services gériatriques. La mission principale est de pouvoir donner au médecin généraliste une expertise gériatrique qui peut déboucher sur 3 situations :

- Orienter le patient aux urgences si le cas est critique.
- Permettre une admission directe en Court Séjour Gériatrique si un lit est disponible.
- Fournir une consultation à distance et donner des conseils au généraliste si une hospitalisation peut être évitée.

Une étude a été réalisée par Dijon (2017) pour comparer les admissions entre le service des urgences et l'admission directe par la hotline. Les résultats démontrent une amélioration sur la durée de séjour des patients admis par la hotline ainsi qu'une ré-hospitalisation moins rapide.

#### L'équipe mobile de gériatrie

L'équipe mobile de gériatrie est une unité composée de médecins et de personnels infirmiers qui ont pour objectif de fournir une consultation hors des murs de l'hôpital. Cette équipe peut se déplacer dans 3 contextes différents :

- Dans d'autres services de l'hôpital afin de pouvoir intervenir dans une situation où le service visité n'est pas compétent pour gérer les particularités gériatriques.
- Dans les EHPAD pour éviter une hospitalisation.
- Au domicile des personnes âgées afin de faire un diagnostic précis de leur environnement de vie. Elle peut ainsi donner des conseils comme une amélioration de l'habitat (par exemple enlever des éléments dangereux comme des tapis) pour permettre à la personne âgée de rester plus longtemps à domicile. Cette unité peut également orienter la personne âgée vers une consultation gériatrique plus détaillée.

#### La consultation gériatrique

La consultation gériatrique a pour but de faire un diagnostic complet de l'état de la personne âgée avec un médecin gériatre. Comme pour l'unité mobile de gériatrie à domicile

le but n'est pas d'éviter une hospitalisation suite à un événement aigu mais d'anticiper les futures complications afin de l'éviter au maximum. Cette consultation doit permettre de détecter une démence ou de mauvaises habitudes qui peuvent entraîner un déclin de l'état de santé. Cette démarche est très utile dans la phase de pré-incapacité (ou fragilité).

### 1.2.3 L'hospitalisation gériatrique

L'hospitalisation peut-être réalisée de deux manières différentes : (i) complète c'est à dire avec une prise en charge de jour comme de nuit ou (ii) ambulatoire où le patient reste uniquement la journée et retourne à son habitat la nuit. Ces hospitalisations sont financées par la tarification à l'activité (T2A) qui consiste à financer une hospitalisation en fonction de la maladie du patient et de la durée de séjour. Chaque patient est classé dans un Groupe Homogène de Malades (GHM) qui détermine le montant du financement pour la durée de séjour du patient.

#### L'hospitalisation complète (Court Séjour Gériatrique)

L'hospitalisation des personnes âgées doit être capable de prendre en compte toutes les caractéristiques de ce type de patients (multi-morbidité, perte d'autonomie fonctionnelle et vulnérabilité). Pour cela les services de CSG doivent être pluridisciplinaires avec des gériatres, des neurologues, des psychiatres, des kinésithérapeutes, des travailleurs sociaux ou encore des psychologues. Les missions de ce type des services sont :

- Procéder à une évaluation globale et individualisée du patient âgé à la fois médicale, psychologique et sociale.
- Permettre le maintien de la qualité de vie du patient (éviter ou minimiser la perte d'autonomie)
- Proposer des traitements adaptés à l'état de la personne
- Envisager avec le patient et son entourage les conditions de vie ultérieures et participer à leur organisation

La filière gériatrique doit aussi mettre en place des services de Court-Séjour de Neuro-Psychiatrie Gériatrique (NPG) qui permettent de prendre en charge spécifiquement les patients atteints de démence et de trouble du comportement afin de traiter de la manière la plus pertinente ce type de pathologies.

#### Hospitalisation ambulatoire (Hôpital de jour)

Les hospitalisations de jour ont pour principal but de fournir un diagnostic plus complet que la consultation gériatrique. Par exemple pour parfaitement diagnostiquer la fragilité il faut une observation détaillée qui n'est pas possible avec une simple consultation gériatrique. Ainsi une hospitalisation d'une journée permet de faire passer une série de tests pour détecter la pré-incapacité avec une équipe pluridisciplinaire. Le Centre Hospitalier Universitaire de Saint-Etienne possède 2 hôpitaux de jours pour ce type d'hospitalisation :

- L'hôpital de jour "bien vieillir" qui propose un diagnostic de la fragilité avec une expertise médicale mais également sociale.

- L'hôpital de jour "mémoire" qui diagnostique la situation de démence de la personne âgée avec des tests de mémoire et une observation tout au long de la journée du comportement.

### 1.2.4 La réadaptation (reprise d'autonomie fonctionnelle)

Après une hospitalisation en Court-Séjour, le patient âgé peut avoir besoin d'une réadaptation car l'hospitalisation est vecteur de perte d'autonomie. Comme pour l'hospitalisation, la réadaptation peut être effectuée de manière complète (Soins de Suite et Réadaptation) ou ambulatoire (hôpital de jour). Ces services sont financés grâce à un forfait journalier en fonction du cas à traiter.

#### Les Soins de Suite et de Réadaptation

Comme pour le Court-Séjour Gériatrique, la prise en charge doit être pluridisciplinaire. Pour une prise en charge optimale, la localisation de ce service doit être à proximité du CSG et peut même faire partie du même service. C'est ce que l'on appelle une organisation intégrée. Les missions de ce service sont :

- la limitation des handicaps physiques,
- la restauration somatique et psychologique,
- l'éducation du patient et éventuellement de son entourage,
- la poursuite des soins et du traitement,
- la préparation de la sortie.

Il existe un nombre de spécialités très variées de SSR (9 au total) comme par exemple le SSR Rééducation présent au CHU de Saint-Etienne et qui se concentre sur la rééducation fonctionnelle.

#### Les hôpitaux de jour

Les hôpitaux de jour offrent une prise en charge ponctuelle et journalière, c'est à dire que la personne âgée ne vient que pour la journée selon un nombre de séances bien précises. Le but de ces prises en charge est de permettre au patient de retourner à domicile quand son état le permet afin d'améliorer sa qualité de vie. Cela permet également de libérer des places disponibles dans les SSR. Il existe 2 types d'hôpitaux de jours en soins de suite au CHU de Saint Etienne :

- Un hôpital de jour qui se concentre uniquement sur la rééducation et le maintien de l'autonomie fonctionnel. Les patients alternent entre temps médicaux personnalisés et séance de groupe pour permettre une socialisation.
- Un hôpital de jour qui traite des problèmes de "mémoire" et qui est la suite de l'hôpital de jour présenté dans la section précédente. A ce niveau les patients travaillent avec des exercices leur mémoire mais la prise de conscience de la situation de la personne âgée est un autre objectif pour permettre un maintien de l'autonomie dans la vie quotidienne.

## 1.3 L'accompagnement de la perte d'autonomie (Soins de Longue Durée)

Les soins de longue durée sont les soins dont la personne âgée a besoin afin de limiter son déclin si elle est en période de fragilité, ou de palier à ses incapacités si elle est déjà en situation de perte d'autonomie. La personne âgée peut selon son état avoir besoin d'une prise en charge médicale pour faire face à la multi-morbidité et/ou des aides à la personne (portage de repas, aide ménagère) pour compenser les incapacités fonctionnelles (ADLs, IADLs). Il y a deux solutions pour mettre en place ces prises en charge : (i) le maintien à domicile et (ii) l'entrée en institution. Dans le premier cas, la personne âgée reste à son domicile avec des services fournis par des structures qui se déplacent chez l'individu, un aménagement de l'habitat peut également être envisagé. Dans le second cas, la personne âgée change d'habitat pour rejoindre un établissement spécialisé dans le grand âge, la perte d'autonomie et qui offre la plupart du temps une solution médicalisée (par exemple les EHPAD).

Pour financer l'accès à ces différents services, il est possible pour les personnes âgées de bénéficier de l'APA (Allocation Personnalisée d'Autonomie) qui est calculée selon l'âge (plus de 60 ans) et la grille AGGIR (du GIR1 au GIR4). Le revenu n'est pas une condition pour obtenir l'APA mais son montant peut varier selon les ressources de la personne âgée ([www.pour-les-personnes-agees.gouv.fr](http://www.pour-les-personnes-agees.gouv.fr), 2018). Dans cette section nous allons détailler les différentes structures présentes sur le territoire français. Sauf indication contraire la source de ces informations est le site internet du gouvernement français : [www.pour-les-personnes-agees.gouv.fr](http://www.pour-les-personnes-agees.gouv.fr).

### 1.3.1 Le maintien à domicile

Le maintien à domicile est le choix privilégié par les personnes âgées car il permet de conserver ses repères et son identité alors que l'entrée en institution peut être mal vécu par l'individu (Balard et Somme, 2011; Briot, 2014). L'utilisation des structures de soins à domicile est souvent progressive avec une montée en charge en fonction de la dégradation de l'état de santé de la personne âgée.

#### Les Infirmier(e)s Diplômé(e)s d'Etat (IDE)

Les infirmier(e)s diplômé(e)s d'état offre des soins médicaux tels que la surveillance de pathologies chroniques, la réalisation des injections et de pansements complexes. Même si ils/elles peuvent en théorie réaliser des toilettes, les personnes âgées ayant ce type de besoins sont orientés en priorité vers des SSIAD (Services de Soins Infirmiers à Domicile) qui sont plus adaptés à la perte d'autonomie. Ce service est remboursé par l'assurance maladie.

#### Les Services de Soins Infirmiers à Domicile (SSIAD)

Les SSIAD s'adressent aux personnes de plus de 60 ans en perte d'autonomie et aux personnes de moins de 60 ans en situation de handicap. Ces services délivrent le même type de soins que les IDE mais fournissent une aide nécessaire pour répondre aux incapacités de la personne âgée. Cela concerne principalement la perte d'un ou plusieurs ADLs comme

par exemple s'habiller seul, faire sa toilette ou encore avoir des difficultés pour se déplacer. Leur but est également d'assurer une coordination avec les autres intervenants médicaux et para-médicaux : Services d'Aide A Domicile (SAAD), kinésithérapeutes, etc... Leurs missions sont :

- prévenir la perte d'autonomie,
- éviter une hospitalisation,
- faciliter le retour à domicile après une hospitalisation,
- retarder une entrée en institution.

Ce service est remboursé par l'assurance maladie.

### **Les Services d'Aides A Domicile (SAAD)**

Les SAAD ont pour but de répondre aux divers besoins non médicaux des personnes âgées. Ces structures s'occupent essentiellement des services permettant de compenser la perte de iADL des personnes âgées comme par exemple faire les courses, l'entretien du domicile ou encore le portage de repas. Les aides à domicile peuvent également accompagner les personnes âgées lors de sorties, réaliser des activités de loisirs avec elles, et ainsi contribuer à maintenir leur vie sociale. Ce type de structures peut être financé par de nombreuses aides comme par exemple l'APA.

### **Les Services Polyvalents d'Aide et de Soins à Domicile (SPASD)**

Les SPADS ont pour but de proposer des soins intégrés. C'est à dire que les services assurés par les SSIAD et les SAAD sont regroupés en une seule entité afin de fluidifier la prise en charge. Ce service évite également à la personne âgée et à sa famille d'avoir recours à plusieurs services différents et donc de simplifier les tâches administratives. Les coûts infirmiers sont pris en charge par l'assurance maladie et les aides à domicile par l'APA. Ce type de structures est récent (depuis la loi du 28 décembre 2015) et nous ne l'avons pas pris en compte dans nos études.

## **1.3.2 Les structures résidentielles (ou les institutions)**

L'entrée en institution comme les EHPAD est souvent mal vécue par les personnes âgées et les familles. Cependant, elle est nécessaire si la perte d'autonomie de la personne âgée n'est plus compensable par les aidants, comme la famille (aide informelle) ou les professionnels du maintien à domicile (aide formelle). Généralement, l'entrée en institution médicalisée est corrélée avec un âge élevé. Une étude des facteurs prédictifs d'entrée en institution en Gironde démontre que 20% des résidents ont plus de 90 ans. D'autres facteurs comme la baisse des performances cognitives et la perte d'un ou plusieurs d'ADLs et/ou iADLs sont significatifs (Metzger *et al.*, 1997).

### **Les Résidences Autonomie (RA)**

Ce type de structures est particulier car il n'est pas médicalisé. Les résidences autonomie proposent aux personnes âgées des logements adaptés à la période de pré-incapacité

(ergonomie) avec des services d'aides intégrés dans la résidence. Ces résidences sont réservées aux personnes âgées en situation de vieillissement réussi ou en phase de pré-incapacité (GIR6, GIR5 et GIR4 si la résidence possède un partenariat avec un EHPAD ou un SSIAD). Les services intégrés dans la structure (restauration, ménage, blanchisserie) permettent d'adapter la charge d'aide au jour le jour et garantissent un service de surveillance 24h/24. Les coûts de ces résidences sont modérés car elles ont une vocation sociale, les aides telles que l'APA et/ou les aides au logement classiques peuvent aider à financer cette solution.

### **Les Etablissements d'Hébergement pour Personnes Agées Dépendantes (EHPAD)**

Les EHPAD représentent le type de structures résidentielles le plus important en France. Ces structures sont partiellement médicalisées c'est à dire qu'elles ne sont pas obligées d'avoir une présence médicale la nuit. Leur but est de répondre à tous les besoins d'une personnes âgées dépendante en proposant des services permettant de réaliser des iADLs (restauration, ménage) et les ADLs (marcher, se lever). Un EHPAD doit également fournir un plan d'animation de la vie sociale car cette institution doit être considérée comme un lieu de vie. Des activités doivent être organisées au sein même de l'établissement mais également à l'extérieur (sorties). Le coût d'un placement en EHPAD est divisé en 3 tarifs :

- Le tarif d'hébergement : il comprend tous les frais d'hôtellerie (ménage, restauration) et est à la charge de la personne âgée et/ou sa famille. Des aides comme les aides au logement (APL) peuvent être proposées en fonction des revenus de l'individu.
- Le tarif de dépendance : il est à la charge de la personne âgée et comprend tous les soins permettant de prendre en charge sa dépendance. Ce tarif est calculé à partir du GIR et peut être financé en partie par l'APA.
- Le tarif des soins médicaux : il n'est pas facturé à la personne âgée car il est directement pris en charge par l'assurance maladie.

Depuis le 1 juin 2012 le dossier d'inscription en EHPAD est le même pour chaque établissement. Cependant la personne âgée doit faire une demande dans chaque établissement qu'il souhaite rejoindre et son admission est décidée par la structure elle-même. On dénombre 3 types d'EHPAD différents :

- Les EHPAD publics : leur but n'est pas de dégager des bénéfices et ils sont gérés par l'état. Ils privilégient les personnes âgées à faibles revenus et dans des situations sociales difficiles.
- Les EHPAD privés à but non lucratif : leur but n'est pas de dégager de bénéfices et ils sont gérés par des organismes tels que des caisses de retraite, des mutuelles, des associations...
- Les EHPAD privées à but lucratif : leur but est de dégager de bénéfices de leur activité. Ils sont gérés par des entreprises, grands groupes privés nationaux ou entreprises familiales développées à l'échelle locale ou régionale.



## Unités de Soins de Longue Durée (USLD)

Les USLD (unités de soins de longue durée) sont des structures hospitalières s'adressant à des personnes très dépendantes dont l'état nécessite une surveillance médicale constante. Cette unité est hospitalière c'est à dire qu'elle exige une présence permanente d'une équipe médicale ce qui la différencie d'un EHPAD. Cette structure doit également proposer un plan d'animation de la vie sociale (comme dans un EHPAD).

L'admission a en général lieu à la suite d'une hospitalisation ou d'un passage en service de soins de suite et de réadaptation ; cependant l'admission directe en provenance du domicile est possible.

## L'évolution de l'offre de structures résidentielles

La figure 1.2 montre l'évolution du nombre de places des différents types de structures de 2011 à 2015. Le type de structures de soins de longue durée qui représente le plus grand nombre de place est l'EHPAD. Il compte plus de 7400 établissements pour 600 380 places en 2015 (Muller, 2017). L'augmentation du nombre de places par rapport à 2011 est de 6,2%. Cependant, on peut observer des différences selon le type d'EHPAD. Par exemple l'augmentation des places concerne à 12,4% les structures privées à but lucratif, 7,6% les structures privées à but non lucratif et seulement 2,8% pour les EHPAD publics. Les EHPAD publics restent majoritaires même si les investissements privés (et particulièrement à but lucratif) sont en pleine expansion. Les Résidences Autonomie (ou Foyers Logements) sont très majoritairement publics ou privés à but non lucratif. Cependant ce type de financements stagne ou diminue (0,5% de places en plus pour le public et 0,7% de moins pour le privé non lucratif). L'investissement privé à but lucratif est quant à lui en augmentation (11,6%) même si son nombre total de places n'est pas très important par rapport au public (4040 contre 75 590). Les EPHA ne prennent pas en charge la dépendance et ne seront pas étudiées dans le cadre de cette thèse. On remarque que leur nombre diminue pour laisser place aux EHPAD. Les places d'USLD (qui sont uniquement publiques) sont également en diminution de 2,5%. Au total, le nombre de places de structures résidentielles est en augmentation de 4,5% sur la période 2011-2015.

La figure 1.3 présente les tarifs des EHPAD selon leur but (lucratif ou non). On peut constater une augmentation moyenne des tarifs (environ 5 euros par jour) des EHPAD quelque soit leur type. Une place dans une structure peut être habilitée à l'aide sociale départementale, dans ce cas le département subventionne en partie la prise en charge. La subvention dans un EHPAD privé à but lucratif permet à la personne âgée et à sa famille de payer une somme équivalente à un EHPAD privée à but non lucratif. S'il n'y a pas d'aide départementale, la différence entre un EHPAD privé à but lucratif et un EHPAD public est en moyenne de 25,7 euros par jour, soit 771 euros par mois.

## 1.4 Etat de l'art

### 1.4.1 Les systèmes de soins hospitaliers

La modélisation et l'analyse de la performance des systèmes de soins hospitaliers est un sujet qui a été largement abordé dans la littérature (Jun *et al.*, 1999; Augusto et Xie, 2006; Bhattacharjee et Ray, 2014; Günal et Pidd, 2010; Khudyakov *et al.*, 2014).

Catégorie d'établissement et le statut juridique	Nombre de structures au 31/12		Places installées au 31/12		Évolution 2011/2015 (en %)	
	2011	2015	2011	2015	Nombre de structures	Nombre de places
<b>EHPAD, dont :</b>	<b>7 206</b>	<b>7 400</b>	<b>565 540</b>	<b>600 380</b>	<b>2,7</b>	<b>6,2</b>
EHPAD privés à but lucratif	1 673	1 769	117 820	132 430	5,7	12,4
EHPAD privés à but non lucratif	2 210	2 287	159 610	171 750	3,5	7,6
EHPAD publics	3 323	3 344	288 110	296 200	0,6	2,8
<i>dont EHPAD publics hospitaliers</i>	1 179	1 187	128 680	129 700	0,7	0,8
<i>dont EHPAD publics non hospitaliers</i>	2 144	2 157	159 430	166 500	0,6	4,4
<b>Logement-foyers, dont :</b>	<b>2 241</b>	<b>2 267</b>	<b>108 680</b>	<b>109 250</b>	<b>1,1</b>	<b>0,5</b>
Logements-foyers privés à but lucratif	83	92	3620	4040	10,8	11,6
Logements-foyers privés à but non lucratif	617	632	29 820	29 610	2,4	-0,7
Logements-foyers publics	1 542	1 543	75 240	75 590	0,1	0,5
<b>EHPA non-EHPAD, dont :</b>	<b>337</b>	<b>338</b>	<b>9 570</b>	<b>8 500</b>	<b>0,2</b>	<b>-11,2</b>
EHPA privés à but lucratif	104	62	2 710	1 680	-40,6	-38,0
EHPA privés à but non lucratif	180	205	5 190	5 010	13,8	-3,5
EHPA publics	53	71	1 670	1 810	34,2	8,4
<b>USLD*</b>	<b>625</b>	<b>596</b>	<b>34 720</b>	<b>33 860</b>	<b>-4,6</b>	<b>-2,5</b>
<b>Autres**</b>	<b>71</b>	<b>.</b>	<b>1 280</b>	<b>.</b>	<b>.</b>	<b>.</b>
<b>Ensemble des établissements d'hébergement pour personnes âgées</b>	<b>10 481</b>	<b>10 601</b>	<b>719 790</b>	<b>751 990</b>	<b>1,1</b>	<b>4,5</b>

FIGURE 1.2 – Evolution du nombre de places de structures résidentielles depuis 2011 (Muller, 2017)

Lorsque que l'on souhaite analyser la performance d'un système, la phase de modélisation est indispensable pour comprendre le fonctionnement du système, faciliter les échanges entre les différents acteurs du projet (par exemple médecins et logisticiens), identifier les indicateurs de performance et préparer à la simulation (Augusto, 2008).

### Modélisation des systèmes

Il existe plusieurs langages de modélisations utilisés dans des applications du contexte de la santé (Trilling *et al.*, 2004), chacune ayant leurs avantages et leurs inconvénients. Par exemple, la méthode SADT (Structured analysis and Design Technics) est une analyse fonctionnelle descendante développée par Ross et Schoman (1977) et étendue dans Ross (1985). Cette analyse est composée de plusieurs diagrammes (hiérarchisés) allant de la représentation la plus générale (niveau  $A_0$ ) à la plus détaillée ( $A_{ij}$  ou chaque fonction  $i$  peut être divisée en  $j$  sous fonctions). Cette représentation décrit un système en différents process en distinguant les flux d'entrées et les flux sortants ainsi que les ressources nécessaires et les contraintes. L'avantage de la structure hiérarchisée est de pouvoir représenter chaque fonction à un niveau de détail pertinent. Cependant cette méthode présente plusieurs inconvénients. En effet cette méthode ne possède pas d'opérateurs booléens (ET, OU, etc) ni de différence formelle entre les flux (par exemple flux de patients ou de matériel). Cette méthode a été utilisée dans le contexte hospitalier par Chaabane (2004) qui a modélisé le processus chirurgical de l'hôpital Lyonnais du quartier de la Croix Rousse. Un autre exemple de l'utilisation de la méthode SADT est la modélisation des flux de

	Statut juridique	Moyenne		Dispersion en 2015		
		Moyenne 2011	Moyenne 2015	1 <sup>er</sup> quartile	Médiane	3 <sup>e</sup> quartile
Places habilitées à l'aide sociale départementale	Privés à but lucratif*	59,40	64,20	57,20	61,40	64,40
	Privés à but non lucratif	54,40	59,40	53,30	58,00	64,00
	Public hospitalier	49,50	53,70	49,60	53,40	57,30
	Public non hospitalier	49,70	54,10	49,90	53,80	57,40
	<b>Ensemble</b>	<b>51,30</b>	<b>55,90</b>	<b>50,80</b>	<b>54,90</b>	<b>59,60</b>
Places non habilitées à l'aide sociale départementale	Privés à but lucratif	75,10	79,80	70,70	78,10	87,60
	Privé à but non lucratif	59,40	63,90	56,20	62,50	71,60
	Public hospitalier	**	**	**	**	**
	Public non hospitalier	51,40	56,20	50,80	55,80	60,00
	<b>Ensemble</b>	<b>70,70</b>	<b>74,20</b>	<b>63,50</b>	<b>73,90</b>	<b>84,00</b>
<b>Total (places habilitées et non habilitées)</b>		<b>55,10</b>	<b>59,30</b>	<b>51,90</b>	<b>56,50</b>	<b>63,70</b>

FIGURE 1.3 – Tarifs d'hébergement à la journée des EHPAD (Muller, 2017)

patients aux Urgences à l'hôpital Ibn Rochd de Casablanca (El Oualidi et Saadi, 2013).

Un autre type de modèles utilisé est le modèle UML (Unified Modeling Language) qui pallie aux problèmes du SADT en proposant plusieurs vues (organisationnelles, temporelles) et diagrammes permettant de modéliser différents types de systèmes grâce à complémentarité de ceux-ci (Kim *et al.*, 2003). L'avantage principal de ce langage est donc son universalité grâce à sa polyvalence et sa souplesse, mais sa mise en pratique peut-être difficile car l'utilisation est libre et donc risque de favoriser des erreurs. Certaines applications ont utilisé UML pour modéliser des systèmes de soins comme Vasilakis et Kuramoto (2005) qui étudient l'activité de 3 chirurgiens travaillant au même instant. Ce type de modélisation est par exemple impossible avec un modèle SADT. Ce modèle a permis de réaliser par la suite une simulation.

Un réseau de Petri (développé par Petri (1962)) est un modèle mathématique et un langage de modélisation sous forme de graphe composé de places (formalisées par un rond) et de transitions (formalisées par un trait). Le modèle est composé de jetons qui peuvent représenter différents types d'entités (par exemple un patient, un lit, un médecin). Ces places et transitions sont reliées par des arcs (flèches). Le principe de base est que chaque place est obligatoirement suivie par une transition et inversement (sauf pour la première ou la dernière transition/place). La figure 1.4 représente un réseau de Pétri (sans jeton).

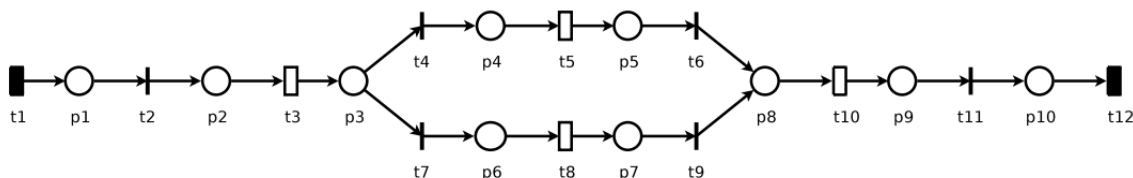


FIGURE 1.4 – Réseau de Pétri extrait de Augusto (2008)

Chaque transition ne peut être franchie que si la ou les places qui précèdent celle-ci possèdent au moins un jeton chacune. Dans ce cas la transition absorbe les jetons. Si une transition est franchie elle donne également un jeton ou plus (si indiqué) à toutes les places qui se trouvent à sa suite. Cette méthode permet une modélisation rigoureuse et met en évidence certains comportements du système grâce à sa formulation mathématique (qui

ne sera détaillée dans cette thèse). Les inconvénients sont cependant une complexité qui rend rapidement les réseaux illisibles ainsi que la difficulté de compréhension pour une personne ne maîtrisant pas totalement ce langage (par exemple un médecin). Les réseaux de Pétri ont été utilisés par exemple par Celano *et al.* (2006) dans le cadre d'un département de radiologie. Ganiyu *et al.* (2015) a utilisé un réseau de Pétri coloré pour modéliser l'accueil d'un centre de santé (l'enregistrement et la salle d'attente). Un réseau de Pétri coloré permet de faire une distinction entre les entités, dans ce cas les patients ambulatoires (qui ne restent que la journée) et les autres. Les auteurs arrivent à simuler le centre d'accueil avec des résultats similaires à la réalité, ce qui valide leur modèle. Hamana *et al.* (2016) proposent également de modéliser le système d'information d'un territoire de soins pour mesurer son impact sur les parcours de soins des patients d'un territoire. Ils créent pour cela une nouvelle classe de réseaux de Pétri (Le THIS).

Le langage de modélisation BPMN (Business Process Model Notation) est une notation qui permet de modéliser fidèlement des processus et qui inclut des concepts déjà établis dans les langages proposés précédemment, comme les diagrammes d'activité de la modélisation UML (Specification, 2006). Le BPMN peut à la fois décrire les processus et les collaborations entre les acteurs. De nombreuses modélisations dans le domaine de la santé ont été faites grâce à ce langage (Ruiz *et al.*, 2012), on peut citer notamment Svagård et Farshchian (2009) qui ont modélisé des parcours de soins dans un hôpital en Norvège ou encore Strasser *et al.* (2011) qui soulignent l'utilité du BPMN pour définir les parcours de soins et de déterminer les causes des problèmes tels que les surcoûts médicaux.

D'autres types de modélisations comme GRAI (Graphes et Réseaux d'Activités Inter-relées) proposent une modélisation dans le but de faciliter la prise de décision (Doumeings, 1984). Cependant un inconvénient de cette méthode est de ne pas être entre la vue décisionnelle et la vue des processus. Besombes et Merchier (2004) ont utilisé cette méthode à l'occasion du regroupement des activités chirurgicales au CHU de Saint-Etienne. ARIS est un autre cadre de modélisation avec plusieurs vues (organisation, Fonctions, Données et Contrôles) elles mêmes divisées en plusieurs diagrammes, comme les processus ou les flux de données. La possibilité de modéliser ces flux différents est un avantage à la méthode. Elle fut utilisée par Hamana *et al.* (2015) pour comparer l'impact de la modernisation des systèmes d'information sur la performance de deux hôpitaux : un très modernisé (Lyon) et un peu modernisé (Sens). L'analyse des résultats a été obtenue grâce à un modèle de Simulation à Événement Discrets.

## Résolution des systèmes

La modélisation peut se contenter de décrire un système pour analyser son fonctionnement. Cependant, pour juger un modèle sur son efficacité, il est souvent opportun de le convertir en modèle de simulation comme dans bon nombre d'études citées dans la section précédente. Passer de la modélisation à la simulation demande une expertise technique que les praticiens médicaux n'ont généralement pas. C'est pourquoi certaines études proposent des cadres de modélisation afin de construire automatiquement des modèles complexes et de les résoudre. C'est le cas de Augusto et Xie (2014) qui utilisent une formalisation UML pour pouvoir modéliser fidèlement les services d'un hôpital (ici une pharmacie) avec les professionnels de santé. Ce modèle est ensuite converti automatiquement en un réseau de Petri qui permettra, de générer des plannings, d'analyser la performance à l'aide de simulation à événements discrets ; la figure 1.5 présente cette méthodologie. D'autres cadres

de modélisation ont été proposés comme Montreuil *et al.* (2007) qui utilisent un modèle multi-agents.

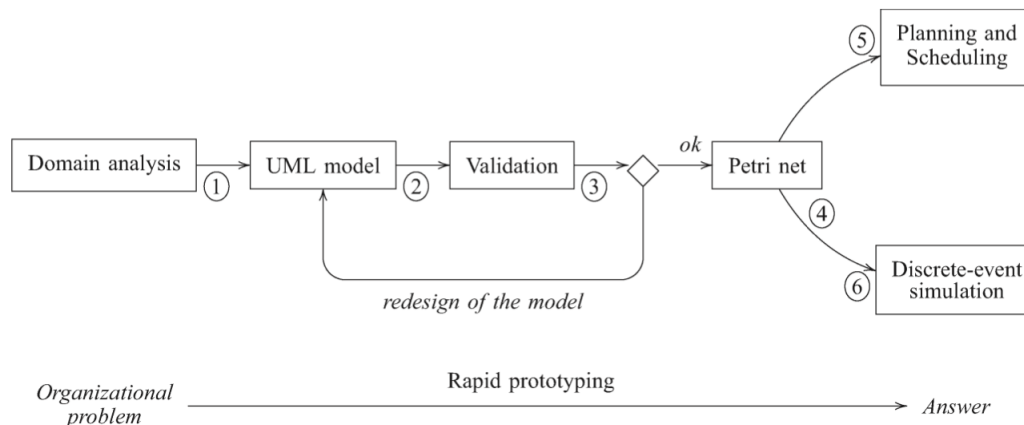
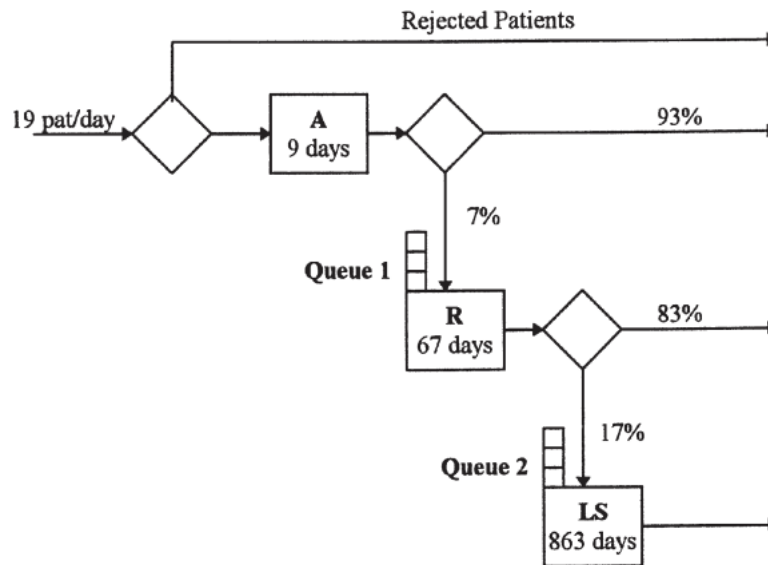


FIGURE 1.5 – Cadre de modélisation de Augusto et Xie (2014)

Des travaux de simulation étudient particulièrement la problématique des personnes âgées. C'est le cas de El-Darzi *et al.* (1998) (et El-Darzi *et al.* (2000)) qui abordent le problème de la gestion des flux de patients dans le contexte d'un département gériatrique similaire à celui de la filière gériatrique. Il est composé de trois services qui sont (i) "Acute Care" (qui représente le CSG), (ii) Rehabilitative Care (qui représente le SSR) et (iii) "Long Stay" (qui représente l'USLD). Le but de ce modèle est d'étudier les files d'attente entre les différents services et de réduire le phénomène de bed-blocking, (les patients bloqués dans un service faute de lits d'aval disponibles). La méthode utilisée pour modéliser ce problème est un modèle de files d'attentes présenté par la figure 1.6 où pour le "Acute Care" les patients sont rejetés s'il n'y a pas de lit disponible. Pour les deux autres services, l'admission ("Rehabilitative" et "Long Stay") se fait via une file d'attente. Après chaque service, il y a un taux de patients qui nécessitent un passage au service suivant tandis que les autres quittent le système. Pour le "Long Stay" le patient quitte obligatoirement le système. Les indicateurs utilisés sont le nombre de patients refusés, le nombre moyen de patients dans les files d'attentes ainsi que le temps moyen d'attente.

Taylor *et al.* (2000) ont utilisé un modèle Markovien à 6 compartiments pour prédire les parcours de soins et ainsi aider les praticiens à ajuster leurs besoins en lits. Les compartiments étaient à la fois des services d'hospitalisation (CSG, SSRG et SSRGR) mais également de solutions de soins de longue durée comme l'hospitalisation à domicile ou les structures résidentielles (type EHPAD). Un dernier compartiment représentait le décès. Chaussalet *et al.* (2006) ont également modélisé ces trois services hospitaliers avec un réseau de files d'attente et ont observé un impact lorsque l'on change les paramètres comme le taux de service par lit et le nombre de lits ainsi que les transitions entre les services. La théorie des files d'attente a également été utilisée par Gorunescu *et al.* (2002) pour étudier les corrélations entre le nombre de lits, le nombre de patients refusés, l'occupation des services et les coûts. Les auteurs ont trouvé qu'augmenter le nombre de lits permettait de diminuer le nombre de patients refusés mais détériorait l'occupation des services. Un problème similaire a été développé par Pehlivan *et al.* (2014) où la théorie

FIGURE 1.6 – Modèle de base de (El-Darzi *et al.*, 1998)

des files d'attente a été utilisée pour modéliser et optimiser un réseau d'hôpitaux périnataux en prenant en compte les coûts et les refus. Belciug et Gorunescu (2015) ont amélioré leur modèle avec un algorithme génétique mixé avec des files d'attente où les chromosomes étaient le nombre alloué de lits dans chaque service, les taux d'arrivées ainsi que les durées de séjour. La fonction à minimiser était la somme des coûts d'hospitalisation. De Bruin *et al.* (2010) ont utilisé un modèle de perte d'Erlang pour dimensionner des départements hospitaliers de spécialités différentes et ont trouvé que les plus gros services permettent de diminuer les taux de refus et augmentent les taux d'occupations. Ces résultats avaient déjà été trouvés par De Bruin *et al.* (2007) qui ont étudié la relation entre deux services (les premiers soins cardiaques et unités de soins coronaires) avec une file d'attente et un processus de Markov à deux dimensions. Le but était de trouver le nombre de lits optimal pour chaque service.

Le service hospitalier le plus étudié est le service des Urgences car il est stratégique pour tout hôpital (Takakuwa et Shiozaki, 2004; Duguay et Chetouane, 2007). Glaa *et al.* (2006) simulent l'activité au service des urgences grâce à la simulation à événements discrets en ayant préalablement modélisé ce service avec la méthode GRAI. Miller *et al.* (2003) testent les performances d'un chantier 6 sigmas effectué dans le département des urgences où chaque idée représente un scénario de la simulation. Sinreich et Marmor (2004) proposent un modèle générique susceptible de s'adapter à chaque service d'urgence. Pour cela certains paramètres peuvent être ajustés pour correspondre à chaque hôpital (personnel, taille).

On peut également trouver des modèles de simulation qui traitent des blocs opératoires comme Centeno *et al.* (2001) où les auteurs testent les planifications des patients réguliers en incorporant des patients urgents. Le problème de l'ambulatorio (quand le patient ne reste qu'une journée à l'hôpital par exemple pour certaines chirurgies ou les hôpitaux de jour) est également largement étudié (Cayirli et Veral, 2003). Le but est de proposer des règles de rendez-vous aux patients pour éviter l'inactivité des médecins entre deux consultations (ou opérations) tout en limitant l'attente des patients (Wijewickrama et

Takakuwa, 2005; Wijewickrama, 2006; Takakuwa et Katagiri, 2007).

### 1.4.2 Projections des besoins en Soins de longue durée

La littérature scientifique existante concernant les soins de longue durée se focalise essentiellement sur la prédiction de la demande pour les prochaines années (Worrall et Chausselet, 2015). La première étude recensée à ce sujet avait pour but de modéliser l'évolution d'une population de personnes âgées de Colombie Britannique (Canada) dans les structures de soins de longue durée sur une période de 5 ans (Lane *et al.*, 1985). Plusieurs méthodes étaient comparées et celle donnant le plus de résultats était l'utilisation d'une chaîne de Markov (à transitions stationnaires). Une décennie plus tard, Robinson (1996) utilisait également une chaîne de Markov (à temps continu) où les états étaient basées sur le nombre d'ADL et d'ADLi avec des ajustements avec l'âge et le genre pour les transitions. Un peu avant, Nuttall *et al.* (1994) proposaient un modèle de projections statistiques en distinguant 4 groupes basés sur la fréquence des soins requis (occasionnels, fréquents mais non quotidiens, quotidiens et en continu).

Une des plus importantes études dans le domaine de la prédiction de la demande pour les soins de longue durée est le modèle PSSRU (Personal Social Services Research Unit) à la London School of Economics (Wittenberg *et al.*, 1998). Cette étude utilise une cohorte divisée en plusieurs groupes de personnes âgées sur les critères de l'âge, le genre, la dépendance, la situation familiale (célibataire, marié(e), veuf(ve)), le lieu de vie (domicile ou résidence) ainsi que le niveau de soins informels reçus. Les auteurs utilisent une micro simulation dans le but de déterminer à l'horizon 2030 : (i) le nombre de personnes âgées par niveau de dépendance, d'âge, le genre et le lieu de vie, (ii) le niveau de demande pour chaque type de service de longue durée et (iii) les coûts associés à cette demande. Cette étude a été étendue en 2001 avec des améliorations au modèle pour ajouter des sous-groupes supplémentaires (Wittenberg *et al.*, 2001) et en 2006 pour repousser les prédictions à 2041 (Wittenberg *et al.*, 2006). La même équipe a également étendu le PSSRU sur plusieurs pays d'Europe tels que l'Allemagne, l'Espagne et l'Italie (Comas-Herrera *et al.*, 2003, 2006) ou pour des pathologies bien précises comme la démence (Comas-Herrera *et al.*, 2007, 2011). Malley *et al.* (2011) croisent le PSSRU avec un autre modèle (le CARESIM) qui simule les ressources financières de la population afin de déterminer les impacts sur les pensions. D'autres études ont adapté le PSSRU comme Chung *et al.* (2009) qui étudient les facteurs clés des dépenses en soins de longue durée à Hong Kong pour 2036. Les changements démographiques et la disponibilité de l'aide informelle sont des facteurs importants dans les dépenses pour le futur. Fukawa (2011) propose un modèle proche du PSSRU mais en prenant également en compte tous les types de soins longue durée (également pour enfants et adultes) en incluant des événements comme la naissance d'un enfant ou le mariage de manière stochastique. Cette méthode permet d'avoir un modèle plus dynamique que les précédents.

Une autre méthode répandue pour la projection de la demande en soins de longue durée est l'utilisation de chaînes de Markov. Dans ces modèles, les états représentent généralement le niveau de dépendance des personnes âgées. Rickayzen et Walsh (2002) utilisent un modèle composé de 10 états de handicaps, avec 2 états supplémentaires pour les personnes sans handicap et la mort. Les auteurs testent plusieurs scénarios avec différentes évolutions des valeurs transitions dans le temps pour prendre en compte l'évolution de l'espérance de vie au cours du temps (un scénario pessimiste, un optimiste et un in-

termédiaire). Ce modèle fut ensuite ré-utilisé par Karlsson *et al.* (2006) afin d'associer à chaque niveau de handicap un besoin en aide et soins (informels, formels, maisons de retraite), le but étant de déterminer le besoin en ressources et les coûts associés à ce besoin. Leung *et al.* (2004) utilisent également le cadre de modélisation de Rickayzen et Walsh (2002) avec cette fois-ci 4 états qui représentent plusieurs niveaux de dépendance en prenant en compte la capacité à réaliser des tâches seul (manger, se laver, etc...) et à communiquer. Les auteurs estiment avec ce modèle les coûts liés aux besoins en terme de soins de longue durée en Australie à l'horizon 2051. Une autre étude reprend ce modèle à 4 états en ajoutant le niveau d'éducation de la personne âgée afin de comprendre son impact sur l'espérance de vie (Pérès *et al.*, 2005). Les résultats montrent qu'un niveau d'éducation élevé a une influence positive pour les états où la dépendance est modérée mais que ce facteur n'est plus significatif lorsque l'âge de la personne âgée devient trop important ( $> 85$  ans). Hallberg et Lagergren (2009) utilisent l'âge, le genre, les ADLs et la présence d'un aidant ou non. Ces travaux sont repris par Klevmarken et Lindgren (2008) pour alimenter un modèle de micro-simulation.

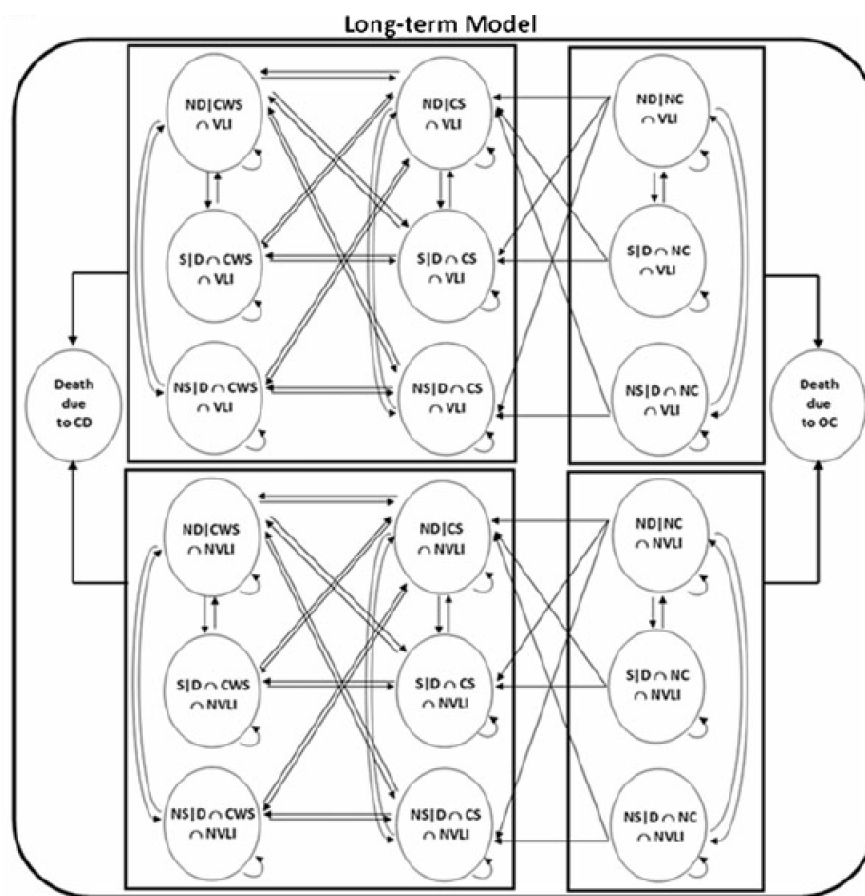
La plupart de ces études traite le problème des soins de longue durée au niveau national, d'autres comme (Cardoso *et al.*, 2012) qui déterminent le besoin en structures de soins de longue durée dans la région de Lisbonne. Le modèle de simulation est basé sur une chaîne de Markov à temps discret basé sur des périodes d'un an. Le modèle est composé de 18 états prenant en compte : la dépendance (ADLs, iADLs), les pathologies chroniques, l'isolement (est-ce que la personne vit seule ou non), ainsi que les ressources financières. Chaque état est ensuite associé à un type de structure : structure résidentielle ou structure de maintien à domicile. Le modèle est ensuite simulé selon plusieurs scénarios prenant en compte différentes durées des séjours dans les structures résidentielles ainsi que différents taux de satisfaction de la demande. Dans un cas toutes les personnes âgées qui ont besoin d'une structure résidentielle y ont accès, et dans un second cas seulement 75% de demandes sont satisfaites. La figure 1.7 représente la chaîne de Markov utilisée dans cette étude. La même équipe a également proposé un modèle de programmation multi-objectifs et multi-périodes (Cardoso *et al.*, 2015, 2016) afin de pouvoir équilibrer le volume de ressource dans la région de Lisbonne sur le moyen terme (4 ans).

D'autres études ont également été réalisées sur une échelle locale comme Xie *et al.* (2005) qui utilisent une chaîne de Markov à temps continu dans le but de prévoir les durées de séjours dans les structures résidentielles. Dans ce modèle, les états représentent les structures de soins (Residential home et Nursing Home) où chaque type de structure est divisé en deux types de séjours (court et long). Ce modèle a été étendu par Xie *et al.* (2006) en prenant en compte dans les transitions des paramètres tels que l'âge et le genre. Le modèle a été adapté par Chahed *et al.* (2011) qui a réalisé une étude de survie pour savoir combien de personnes sont encore dans les services de primary care. La simulation a également été utilisée pour dimensionner un service de longue durée en fonction des flux venant des services hospitaliers de soins aigus (El-Darzi *et al.*, 1998).

### 1.4.3 Positionnement de la thèse dans la littérature

Dans cette thèse nous traitons 3 problématiques principales : (i) l'organisation des soins aigus, (ii) le dimensionnement des structures de soins de longue durée sur un territoire de soins et (iii) le pilotage des flux de patients dans les structures résidentielles. Dans cette section nous allons situer nos recherches par rapport à la littérature scientifique du



FIGURE 1.7 – Chaîne de Markov utilisée dans Cardoso *et al.* (2012)

domaine du Génie Industriel mais également par rapport aux problématiques spécifiques aux personnes âgées.

Dans la partie consacrée à l'hospitalisation agüe (chapitre 2), nous étudions deux problèmes. Le premier concerne la filière gériatrique et l'importance de prendre en charge le patient en prenant en compte toutes ses caractéristiques (section 1.2.1). Nous analysons l'intérêt d'intégrer le Court Séjour Gériatrique avec le Soins de Suite et de Réadaptation, c'est à dire de mutualiser ses ressources (lits, personnel soignant) afin de d'éviter les changements d'environnement pour le patient tout en gardant la même équipe pluridisciplinaire. Cette partie de la thèse s'inscrit dans la même ligne que les études portant sur la simulation des services hospitaliers présentées dans la section et particulièrement de El-Darzi *et al.* (1998) qui observent les mêmes services. Nous apportons également une analyse économique en prenant en compte la tarification à l'activité comme Prodel *et al.* (2014).

Le deuxième problème concerne la hotline gériatrique évoquée dans la section 1.2.2 et qui a pour but de permettre au patient l'accès direct vers le service de Court-Séjour Gériatrique en évitant le passage aux urgences. Ce travail s'inscrit dans la suite de la thèse de médecine de Dijon (2017) en apportant une étude sur la pertinence de réserver des lits pour la hotline dans les services de Court Séjour et d'aider le services du CHU de Saint-Etienne à s'organiser.

La partie qui concerne le dimensionnement des structures de soins de longue durée

(chapitre 3) nous reprenons les concepts des travaux cités dans la section 1.4.2 en modélisant les états de santé des personnes âgées. Nous nous basons sur 3 facteurs qui sont la multimorbidité, la perte d'autonomie (ou dépendance) et la vulnérabilité sociale (ou isolement social) et qui ont été présentés au début de ce chapitre. Le modèle le plus proche du notre, dans la littérature, est celui de Cardoso *et al.* (2012) (chaîne de Markov). Ils utilisent l'évolution de la population pour déterminer le nombre de structures nécessaires sur le territoire. Nous apportons la notion de solution idéale (la meilleure pour l'état de la personne âgée) et de solution de substitution (une solution pouvant être utilisée par la personne âgée mais être moins pertinente) permettant d'observer les impacts d'une politique de dimensionnement (par exemple privilégier le maintien à domicile) sur la population.

La dernière partie (chapitre 4) concerne le pilotage des flux de personnes âgées dans les structures résidentielles. Cette étude se base sur les constats de Muller (2017) qui montre que les structures de soins de longue durée sont de plus en plus proposées par la propriété privée à but lucrative (commerciale). Ainsi certains types de structures peuvent devenir difficiles d'accès pour la partie la plus défavorisée de la population. Nous avons également vu dans la section 1.3.2 que les admissions dans ces types de structures sont décidées par les responsables de ces établissements. Nous proposons donc un modèle inédit dans le but d'affecter les personnes âgées aux structures de soins de longue durée en prenant en compte la globalité de la population et en utilisant des projections de son évolution. Ainsi nous optimisons les affectations en prenant en compte les ressources financières et d'autres paramètres comme la mobilité de la personne âgée.



# Chapitre 2

## Ingénierie des soins aigus

### 2.1 Problématiques d'hospitalisation non-programmée des personnes âgées

#### 2.1.1 Contexte

Dans ce chapitre nous allons étudier la prise en charge non programmée de patients âgés dans un département gériatrique. La difficulté des hospitalisations pour ce type de patients est en partie due à la complexité de ceux-ci. En effet 60 à 90% des patients de plus de 70 ans souffrent d'une ou plusieurs maladies chroniques en plus de l'évènement aigu (motif de l'hospitalisation) (Fortin *et al.*, 2012). Le système de santé s'organise fortement autour des maladies aiguës alors que la prise en charge des malades polymorbides devrait être interprofessionnelle (Raetzo, 2017). Par exemple les malades âgés polymorbides ont souvent des problèmes sociaux financiers et/ou psychologique ce qui implique la nécessité de professions telles que les assistantes sociales ou les psychologues. Les services de la filière gériatrique (comme le Court-Séjour Gériatrique) sont spécialisés dans la prise en charge des patients âgés et répondent en partie aux caractéristiques de ce type de patients. Le but de ce chapitre est donc d'étudier les parcours de soins des patients non programmés à l'hôpital et la capacité du système de soins à proposer une hospitalisation en filière gériatrique par rapport à une hospitalisation non adaptée au patient multimorbide (comme les Urgences). Nous nous focaliserons sur les services suivants :

- **Le Service d'Accueil des Urgences (SAU)** : Le service des urgences ne fait pas partie de la filière gériatrique car il est fréquenté par des patients de tous âges. Il reste cependant la porte d'entrée la plus fréquente des patients âgés vers l'hospitalisation.
- **Le Court Séjour Gériatrique (CSG)** : La vocation du CSG est de traiter les problèmes aigus des patients âgés. Par rapport aux autres services de Court Séjour, le CSG doit être capable de prendre également en charge la multimorbidité plus ou moins associée à une perte d'autonomie.
- **Soins de Suite et Réadaptation Gériatrique (SSRG)** : Ce service fait suite au CSG si le patient a besoin de récupérer son autonomie avant le retour à domicile. Les soins sont plus orientés sur la reprise de la fonctionnalité comme par exemple des temps de kinésithérapeutes.

- **Soins de Suite et Réadaptation Gériatrique Rééducation (SSRGR)** : Ce SSRG est spécialisé dans la rééducation et est privilégié lorsque le problème aigu est une fracture. Les temps de Kinésithérapeutes sont très élevés dans ce service.

La figure 2.1 décrit les différentes possibilités de parcours pour chaque hospitalisation. Le mode d'entrée classique d'une hospitalisation non programmée est le service des Urgences après lequel le patient peut retourner à domicile (si le problème ne requiert pas d'hospitalisation), intégrer le CSG ou être orienté vers d'autres services si le CSG est complet. Après le CSG le patient peut intégrer un SSR s'il a besoin de réadaptation avant de retourner à domicile. Si besoin, le séjour peut même se poursuivre en SSR Rééducation (kinésithérapie renforcée). Après chaque service le patient peut retourner à domicile ou changer d'habitat si l'état de santé et l'autonomie s'est détérioré. Selon les cas un retour à domicile peut être aidé par certains services hospitaliers tels que les hôpitaux de jour ou l'hospitalisation à domicile. Certains patients peuvent également intégrer les différents SSR depuis d'autres services de l'hôpital ou même d'autres hôpitaux.

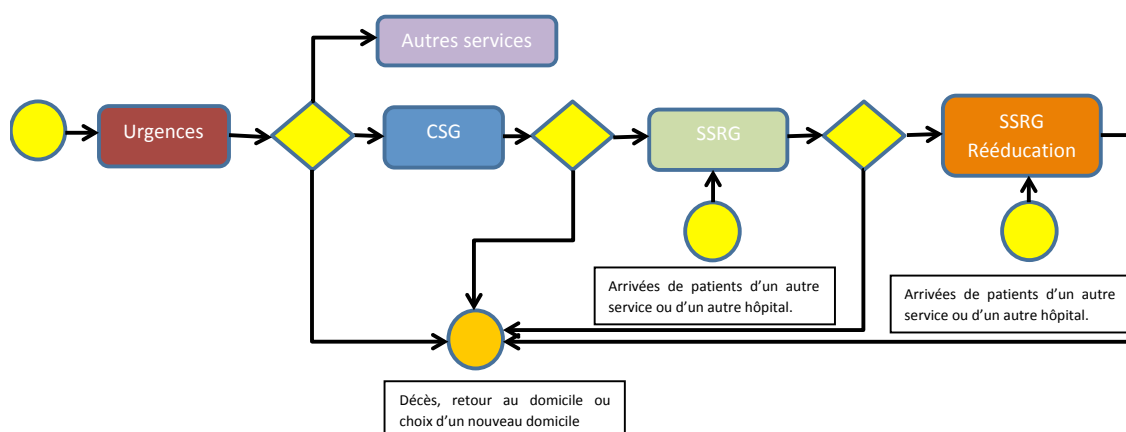


FIGURE 2.1 – Parcours des personnes âgées admises à l'hôpital par le SAU

### 2.1.2 Problématiques

Lors d'une hospitalisation non-programmée, l'optimisation des flux d'un service hospitalier est perturbée par le manque de lits d'aval. Ce phénomène appelé "bed blocking" est l'un des principaux problèmes qui touchent les services d'urgences. Ne pas pouvoir orienter efficacement les patients provoque l'engorgement de ce service (Ospina *et al.*, 2007) qui est fortement fréquenté par les personnes âgées (Salisbury *et al.*, 2011; Le Pape et Sermet, 1996). Des études de l'Agence Nationale d'Appui à la Performance (ANAP) montrent que les personnes âgées représentent en moyenne 41% des séjours et sont même majoritaires dans certaines régions (ANAP, 2012, 2011). De nombreuses études montrent que le passage par le service des Urgences des personnes âgées comporte des risques de

perte d'autonomie et de grabatisation en fonction du temps passé dans le service (Wargon *et al.*, 2004; Mazière *et al.*, 2011). Les services des urgences souffrent également d'un nombre important de passages inadaptés car dans le système de soins français ce service reste la réponse la plus usuelle à un problème complexe (Vedel *et al.*, 2009). Les recours non justifiés aux urgences représentent également un coût important à la société.

Un autre problème du parcours de soins hospitalier de la personne âgée est d'offrir un parcours adapté et susceptible d'assurer une continuité des soins car l'hospitalisation peut être un facteur de déclin fonctionnel et de perte d'autonomie pour la personne âgée. Parmi les différentes raisons liées à l'événement aigu et la fragilité du patient, la difficulté que peut susciter les changements d'environnement chez la personne âgée est un facteur aggravant (Gonthier *et al.*, 2003). Le parcours de soins présenté dans la section 2.1.1 présente de nombreux changements d'environnement potentiels. Un patient ayant recours aux urgences pour accéder au CSG puis continuant son hospitalisation au SSRG et SSRGR peut changer jusqu'à quatre fois d'environnement. Rendre le parcours hospitalier des personnes âgées plus simple est un enjeu majeur pour les départements aigus.

Pour répondre à ces problématiques nous proposons deux études réalisées en partenariat avec le département gériatrique du CHU de Saint-Etienne :

- **L'intégration des services de CSG et SSRG** : cette étude consiste à évaluer la mutualisation des ressources des services de CSG et de SSRG. Le but de cette organisation est de rendre le parcours plus fluide et d'assurer la continuité des soins au sein même de l'hospitalisation.
- **La hotline gériatrique** : le CHU de Saint-Etienne a mis en place une ligne téléphonique directe entre les médecins de villes et les médecins gériatres (hotline). Le but est de permettre d'éviter un recours systématique au service des Urgences en proposant soit une entrée directe au CSG soit une consultation gériatrique par téléphone pour régler une situation sans hospitalisation (pour les cas les plus simples).

Nous avons vu dans la section 1.4.1 que des problématiques concernant ces services gériatriques ont déjà été traitées dans la littérature de modélisation et simulation des systèmes. Généralement le but des études consiste à éviter le phénomène de bed blocking avec des méthodes du type chaînes de Markov (Taylor *et al.*, 2000) ou encore les files d'attente (Chaussalet *et al.*, 2006; El-Darzi *et al.*, 1998, 2000). Pour ce chapitre les modélisations sont faites avec une modélisation BPMN simplifiée, c'est-à-dire en conservant uniquement les concepts d'évènement (ronds) de processus (rectangles) et de choix (losanges) pour pouvoir échanger facilement avec les équipes soignantes du CHU de Saint-Etienne. Pour les mêmes raisons (modèles faciles à comprendre pour les médecins) nous avons utilisé la simulation à événements discrets, de plus cette méthode est largement utilisée pour ce type de d'études avec de bons résultats (Bhattacharjee et Ray, 2014).

## 2.2 Intégration des services CSG et SSRG

### 2.2.1 Introduction

Le vieillissement de la population augmente le nombre de personnes ayant plusieurs pathologies chroniques (multimorbidité). Cette particularité oblige souvent les personnes concernées à utiliser plusieurs services de natures différentes ce qui provoque une programmation de soins avec des changements d'environnement et/ou des hospitalisations (Leutz, 2005). L'objectif principal de l'intégration est d'assurer la continuité des soins, Clément et Aubé (2002) souligne l'existence de diverses définitions de ce principe. Nous le définirons comme la faculté à répondre au besoin de la personne âgée, aussi bien en termes de soins médicaux et/ou d'aides, sans rupture et discontinuité. Par exemple nous considérons comme rupture dans la continuité des soins le cas d'une personne dont l'autonomie se dégrade sans recevoir les aides adaptées à sa nouvelle situation. Somme *et al.* (2014) proposent une revue de la littérature des différentes définitions de l'intégration des soins dans la littérature. Ces définitions comportent différents points comme le type d'intégration. Kodner et Kyriacou (2000) propose trois niveaux : (i) le "linkage", (ii) la coopération et (iii) l'intégration complète. Le "linkage" consiste à assurer la continuité des soins en orientant le patient vers des structures (établissements de santé, services d'aide...) adaptés au besoins du patient. Ces structures font partie d'un réseau mais leur fonctionnement (direction, planification...) restent indépendants. La coordination implique une coopération entre les différentes institutions afin d'éviter les problèmes de communication et les discontinuités. Des plannings commun peuvent être mis en place. Enfin l'intégration complète implique une gouvernance unique.

L'intégration des soins dans la communauté est un sujet dont l'intérêt fait consensus et qui fait l'objet de dispositifs comme par exemple le réseau MAIA (Méthode d'Action pour l'Intégration des services d'aide et de soins dans le champs de l'Autonomie) (Guan *et al.*, 2017). Ce réseau a pour but d'orienter les personnes âgées en perte d'autonomie et de planifier un parcours personnalisé pour chaque bénéficiaire. Ce dispositif s'appuie sur les expériences PRISMA (Program of Research to Integrate Services for the Maintenance of Autonomy) qui ont eu lieu au Québec (Hébert *et al.*, 2003) puis en France (Somme *et al.*, 2008). Ces études ont montré une diminution de la fréquentation des Urgences pour le groupe testé mais également une meilleure satisfaction des services reçus par rapport au groupe de comparaison (Hébert *et al.*, 2009) Le modèle COPA (COordination Personnes Âgées) a été déterminé avec 56 professionnels de santé ou des acteurs du social (Gérialtres, urgentistes, infirmières, travailleurs sociaux...) avec une étude qualitative de 2 ans (Vedel *et al.*, 2009). Dans ce modèle le patient est suivi par une équipe composée de son médecin traitant ainsi que d'un chargé de dossier. Cette équipe doit organiser le parcours de la personne âgée en essayant d'éviter les passages inopportuns aux urgences. Cette expérience a été testé dans le XIVème arrondissement de Paris avec 1597 cas de personnes âgées dans une situation de grande fragilité. Les résultats ont montré que les bénéficiaires de ce service ont moins de chance de recourir à une hospitalisation non planifiée (de Stampa *et al.*, 2014).

### 2.2.2 Contexte de l'intégration dans un département gériatrique

Dans le contexte d'un département gériatrique, l'intégration consiste à mutualiser les ressources entre les différents services afin d'avoir un suivi du patient par la même équipe de professionnels lors de l'hospitalisation. Ce mode de fonctionnement a inspiré l'organisation du CHU de Saint-Etienne où le Court Séjour Gériatrique et le service de Soins de Suite et Réadaptation sont réunis dans un seul service et donc le transfert d'un lit

à l'autre est uniquement administratif. L'intérêt est de proposer une meilleure prise en charge du patient en évitant les changements d'environnement. Dans la pratique si un patient du CSG a besoin de poursuivre son hospitalisation en SSRG, il ne changera pas de lit et sera suivi par le même personnel médical (infirmier(e)s, médecins) ce qui permet de ne pas avoir de temps d'adaptation inhérent à chaque nouvelle entrée dans un service médical. En effet dans le cas classique (CSG et SSRG séparés) chaque équipe hospitalière doit assimiler toutes les particularités et la complexité de la personne âgée (niveau de dépendance, maladies chroniques, entourage social). Pour le patient l'adaptation au nouveau service peut également être problématique notamment si il/elle est sujet(te) à des troubles du comportement (par exemple la maladie d'Alzheimer) qui peuvent entraîner une anxiété supplémentaire. Cependant fusionner des unités fonctionnelles pose des problèmes de nature administratifs en particulier au sujet du financement des services. En effet le CSG est financé à l'activité (T2A) ce qui signifie que chaque hospitalisation est remboursée selon l'appartenance à un Groupe Homogène de Malade et une durée de séjour. Le SSRG quant à lui est financé grâce à une dotation annuelle calculée en fonction des résultats de l'année précédente. La mutualisation des ressources pose donc un problème d'opacité du financement et peut encourager à optimiser les résultats en vue d'un meilleur remboursement.

La figure 2.2 présente l'organisation intégrée où le CSG et le SSRG sont regroupés dans le même service. Il n'y a donc pas de changement physique pour un patient qui va en SSRG après une hospitalisation en CSG. La figure 2.3 présente l'organisation fragmentée où les deux services sont indépendants avec des ressources (lits, médecins) différentes. Si le SSRG n'est pas en mesure de fournir un lit à des patients du CSG il est possible qu'ils attendent en CSG. Pour les deux services et dans les deux organisations s'il n'y a pas de places disponibles les patients qui arrivent de l'extérieur du département gériatrique ne sont pas admis et doivent trouver un lit ailleurs.

### 2.2.3 Comparaison qualitative d'organisations intégrées et fragmentées dans la région Auvergne Rhône Alpes

Pour cette étude nous avons observé l'organisation des services de CSG et SSRG dans plusieurs établissements de la région Auvergne Rhône Alpes : à Saint-Etienne, Lyon, Clermont-Ferrand et Grenoble. Deux de ces établissements (à Saint-Etienne et Grenoble) fonctionnent avec des services intégrés et les deux autres (Lyon et Clermont-Ferrand) avec une organisation fragmentée. Le tableau 2.1 présente les différentes caractéristiques de ces différents établissements.

L'observation principale de ces observations est la similitude des établissements ayant choisi une organisation intégrée. Dans les deux cas les deux SSRG ne sont pas partagés avec d'autres services. C'est à dire qu'ils sont totalement alloués au CSG du département. Dans le cas des organisations fragmentées, le SSRG est partagé avec d'autres services et donc doit être en mesure d'accueillir d'autres patients venant d'autres CSG. Cette différence rend une organisation intégrée compliquée car elle fait perdre en souplesse de management du service. Cela souligne également le poids de l'organisation général d'un établissement sur les différentes options de configuration. Il est également intéressant de noter les différences entre les services ayant recours à une organisation fragmentée. Lyon possède un CSG avec seulement 24 lits et un SSRG avec 64 lits. Dans ce cas le SSRG fournit une majorité de ses lits à des patients âgés fréquentant d'autres services de Court



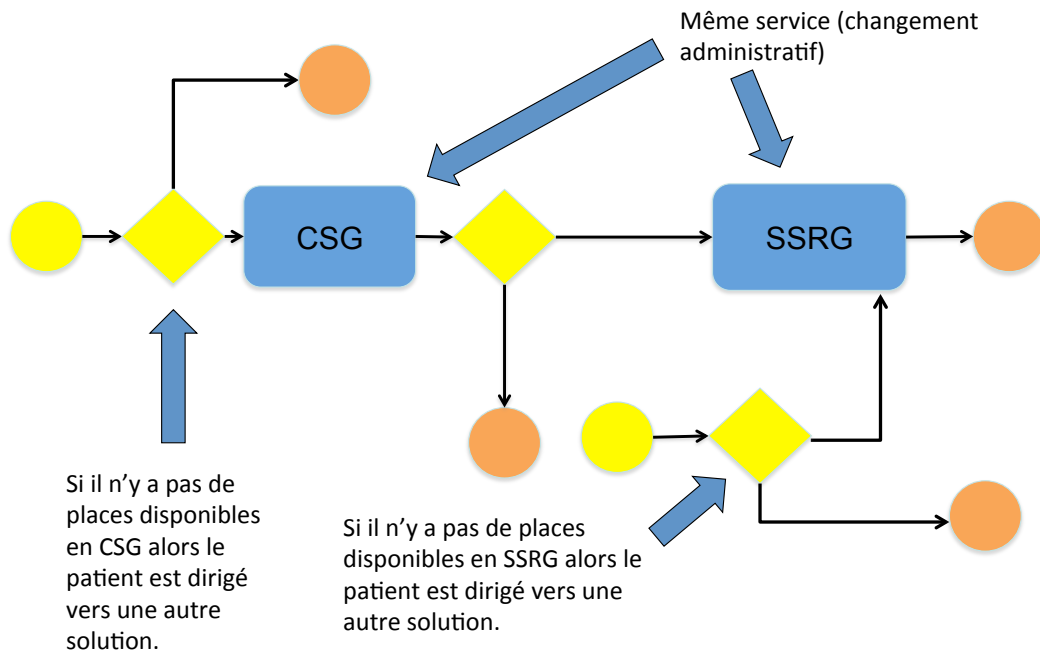


FIGURE 2.2 – Organisation intégrée

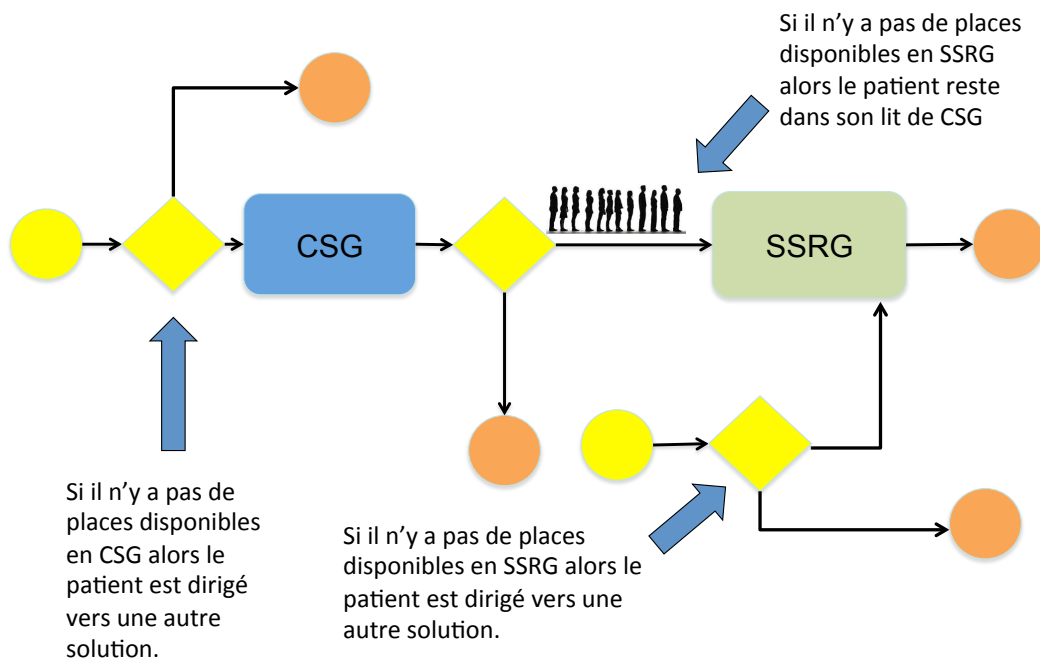


FIGURE 2.3 – Organisation fragmentée

TABLE 2.1 – Comparaison des départements gériatriques de Saint-Etienne, Grenoble, Lyon et Clermont-Ferrand

Etablissements	Saint-Etienne	Grenoble	Lyon	Clermont-Ferrand
Organisation	Intégrée	Intégrée	Fragmentée	Fragmentée
Nombre de lits CSG	-	-	24	75
Nombre de lits SSR	-	-	64	56 (20 réservés)
Nombre de lits CSG/SSR	104	66	-	-
Taux de transfert	52%	35%	27%	30%
DMS CSG	11 jours	11 jours	10 jours	16 jours
DMS SSRG	15 jours	20 jours	30 jours	40 jours
Partage du SSR	Non (infime)	Non (infime)	Oui	Oui
Localisation des services	Même service	Même service	Même établissement	Différents Etablissements

Séjour. Le département doit rechercher de nouveaux patients pour rentabiliser son SSRG. Les deux services sont localisés dans le même établissement mais dans des bâtiments différents. A Clermont-Ferrand le CSG comporte 75 lits et le SSRG en possède 56 dont seulement 20 sont réservés pour le Court Séjour Gériatrique. Ici la problématique est à l’opposé de celle de Lyon car le service d’aval est sous-dimensionné, ainsi le CSG doit fréquemment trouver des places de SSRG dans d’autres établissements de la région. De plus les deux services sont localisés dans 2 hôpitaux différents (situés à 10 km l’un de l’autre) ce qui implique un transfert en ambulance. Comme les deux hôpitaux ne font pas partie du même établissement cette admission en SSRG s’accompagne d’un changement administratif.

Nous ne pouvons pas tirer de conclusions sur les durée moyennes de séjour des CSG car elles ne répondent pas à une logique intégrée vs fragmentée. Ces DMS peuvent également être influencé par de nombreux facteurs autres que l’organisation du service comme par exemple le niveau de gravité des patients et leur environnement social et surtout l’importance du nombre de places disponibles en SSR. On notera que la DMS la plus élevée est à Clermont Ferrand. Les médecins nous ont confié lors d’entretiens l’existence de patients bloqués en CSG faute de lits de SSRG disponibles. On remarque également un taux de transfert du CSG au SSRG plus important dans les organisations intégrées que celles fragmentées. Cette différence est légère entre Grenoble (35%) et les organisations fragmentées (27% à Lyon et 30% à Clermont-Ferrand) alors qu’à Saint-Etienne un patient sur deux va en SSRG après un passage en CSG. On peut faire l’hypothèse que la facilité de transfert (simplement administratif) encourage les services de CSG à avoir recours au SSRG afin d’aider les patients à retrouver toutes leur capacités avant le retour au domicile. Cette tendance se confirme avec les durées de séjour en SSRG où le CHU de

Saint-Etienne possède la plus faible (15 jours), cette DMS est de 20 jours à Grenoble et est bien plus importante dans les établissements pratiquant une organisation fragmentée (30 jours à Lyon et 40 jours à Clermont Ferrand). On peut faire la remarque que plus les CSG envoient de patients en SSRG et plus les DMS des SSRG diminuent.

Pour conclure cette comparaison entre services gériatriques dans la région Auvergne Rhône Alpes il est important de rappeler que les départements gériatriques dépendent du fonctionnement global des établissements dont ils font partie. Les services de SSRG qui doivent partager leurs lits avec plusieurs CS (gériatriques et de médecine de spécialité) ne peuvent pas uniquement se focaliser sur le CSG et doivent assurer des missions que les SSRG de Saint-Etienne et Grenoble n'ont pas. Certaines situations qui peuvent poser questions comme la séparation de plusieurs kilomètres entre les deux services à Clermont-Ferrand sont également explicables par la volonté de rapprocher le CSG des Urgences ce qui présente d'autres avantages. L'organisation intégrée privilégie une approche de filière de soins que l'on peut définir comme un dispositif couvrant l'intégralité des parcours possibles d'une personne âgée tout en prenant en compte le caractère évolutif de ses besoins (Lang *et al.*, 2010). Si la filière est présente dans les établissements qui pratiquent l'organisation fragmentée, le fait de concentrer les services au même endroit permet d'être plus réactif aux évolutions et de centrer l'hospitalisation sur le patient (d'après le professeur Couturier du CHU de Grenoble).

## 2.2.4 Hypothèses et modèle de Simulation

Pour ce modèle, nous nous basons sur la modélisation proposée dans la figure 2.4 : nous ne prenons en compte que les services de CSG et SSRG. Nous ajoutons à ce modèle les hypothèses suivantes :

**Hypothèse 1** : *Les patients qui arrivent au CSG ou au SSR via un autre hôpital sont refusés et sortent du système s'il n'y a pas de lits disponibles dans le service sollicité.*

Cette hypothèse respecte ce qu'il se passe dans au service des urgences où si un patient ne peut pas être placé, on lui cherche un lit dans un autre service.

**Hypothèse 2** : *Dans le cas d'une organisation fragmentée, si un patient du CSG a besoin d'un transfert en SSRG et qu'il n'y a pas de lits disponibles alors il devra attendre dans son lit actuel. La gestion de la file d'attente se fait en FIFO (First In First Out), le premier arrivé dans la file est le premier à en sortir.*

**Hypothèse 3** : *Les activités très courtes par rapport au séjour (consultations) sont négligées et considérées comme des choix dans le modèle.*

**Hypothèse 4** : *Nous considérons un seul type de ressource, les lits chargés, qui modélisent un lit et le ratio de ressources humaines associé.*

Cette simplification peut être critiquée car les services ne requièrent pas exactement les mêmes ressources. Par exemple les services de SSR ont besoin de plus de temps de kinésithérapeutes que les CSG.

Le principe de l'intégration et de la fragmentation est modélisé par des réseaux de Petri dans la figure 2.4. Dans les deux cas le patient arrive dans le système hospitalier à la

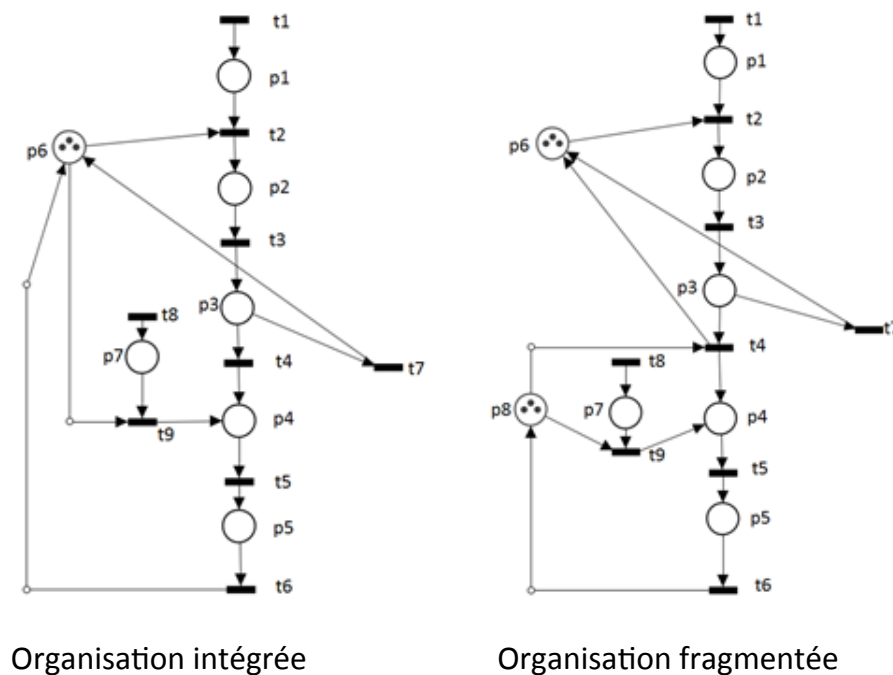


FIGURE 2.4 – Différence entre l’organisation Intégrée et fragmentée

transition t1. Cette arrivée peut se faire via un service d’urgence, la hotline gériatrique ou d’un autre service de médecine. Ensuite le Patient est accepté dans le CSG à la transition t2 et intègre le service représenté par la place p2 si il y a un lit disponible dans la place p6. Après son hospitalisation en CSG, le patient, la famille, le personnel médical et l’assistante sociale procèdent à la réunion pour décider du devenir de la personne âgée. Deux solutions sont possibles, la première est de retourner à domicile ou opter pour un changement de domicile (passer de la maison à l’EHPAD par exemple). Dans ce cas la solution t7 est franchie et le lit du patient redevient disponible dans la place p6. Dans le cas où le patient va en SSRG la procédure diverge entre une organisation intégrée et fragmentée. Pour une organisation intégrée le patient est automatiquement admis au SSRG représenté par la place p4 en franchissant la transition t4. Si l’organisation est fragmentée alors le patient ne peut franchir t4 (et rejoindre le SSRG en place p4) uniquement si un lit est disponible dans la place p9. Dans ce cas, son lit de CSG redevient disponible en place p6. Après l’hospitalisation une rencontre similaire à celle effectuée en transition t3 est tenue en transition t5. Le patient quitte ensuite le système en franchissant la transition t6. Dans le cas d’une organisation intégrée le lit de CSG redevient disponible dans la place p6 et dans le cas d’une organisation fragmentée le lit de SSRG redevient disponible en place p6. Pour les deux options il est possible d’arriver directement en SSRG d’un autre service de l’hôpital ou d’un autre hôpital via la transition t8. Pour pouvoir franchir la solution t9 il faut alors qu’il y ait un lit disponible en p6 (organisation intégrée) ou en p9 (organisation fragmentée). Le tableau 2.2 décrit l’ensemble des transitions et des places.

TABLE 2.2 – Description des places et des transitions

Transitions et Places	Description
t1	Arrivée des patients dans le système
t2	Patient accepté en CSG
t3	Consultation Médico-Sociale
t4	Patient accepté
t5	Consultation Médico-Sociale
t6	Fin d'hospitalisation en SSRG
t7	Fin d'hospitalisation en CSG
t8	Arrivée en SSRG à partir d'un autre service/hôpital
t9	Accepté en SSRG à partir d'un autre service/hôpital
p2	CSG
p4	SSRG
p6	Lits de CSG disponibles
p9	Lits de SSRG disponibles

### 2.2.5 Jeu de données, distributions et validation du modèle

Toutes les données utilisées pour ce modèle proviennent du département gériatrique du CHU de Saint-Etienne. Ces données ont été cryptées et ne comportent aucune information personnelle médicale sensible. Nous avons pris en compte tous les patients qui ont été hospitalisés dans les services de CSG (en incluant les soins palliatifs) et SSRG durant l'année 2014. Le jeu de données inclut les dates d'arrivées des patients dans les services, leur situation initiale (s'il viennent du domicile ou d'un autre service), leur destination à sortie du service (autres services, domicile) et la date de sortie.

Nous avons utilisé le logiciel ROCKWELL ARENA 14.50 pour simuler le modèle et le module Input Analyser intégré dans celui-ci pour trouver les meilleures distributions pour les arrivées de patients et les durées de séjour. Le tableau 2.4 récapitule les distributions choisies pour chaque variable aléatoire du modèle. Les arrivées en CSG suivent une loi de Poisson, les durées de séjours une loi Normale (CSG) et Gamma (SSRG) et le transfert entre le CSG vers le SSRG est de 52%. Pour les patients qui arrivent directement au SSRG d'un autre service la durée inter-arrivées suit une loi EXPO(100) jours. Ce nombre si faible confirme que le fonctionnement du CHU de Saint Etienne fonctionne avec un SSRG dédié au CSG. Pour valider le modèle nous avons injecté dans le modèle l'instance réelle (l'historique de l'année d'hospitalisation) et nous l'avons comparé avec les résultats de notre modèle de simulation. Ces données sont présentées dans le tableau 2.4. Nous avons utilisé un interval de confiance à 95% pour calculer l'erreur pour chaque résultat. Après discussion avec les partenaires praticiens, le modèle de simulation a été validé.

Le jeu de données en notre possession est basé sur les hospitalisations réelles durant l'année 2014 au CHU de Saint-Etienne. Le nombre d'arrivées en CSG représente en réalité le nombre d'admissions dans le service car nous n'avons pas l'information du nombre de patients refusés par le service. Nous augmentons donc les arrivées au CSG en utilisant la loi de poisson avec une moyenne de 5,49 par jour.

TABLE 2.3 – Paramètres et distributions du modèle

Paramètres	Distribution
Patients qui arrivent directement en CSG	POIS(4,59) par jour
Patients qui arrivent directement en SSRG	EXPO(100) jours
Durée de Séjour CSG	NORM(11,4;6,15) jours
Durée de Séjour SSRG	0,5+GAMM(11,4;1,25) jours
Taux de transfert entre CSG et SSRG	52%

TABLE 2.4 – Validation du modèle de Simulation

Variabes	Observé	Simulé	Erreur	Borne basse	Borne Haute
Patients qui arrivent directement en CSG	1767	1786,55	23	1664,55	1710,55
Patients qui arrivent directement en SSRG	1	4	-	-	-
Durée de Séjour CSG	11,37	11,451	0,0761	11,3749	11,5271
Durée de Séjour SSRG	15,235	14,909	0,282	14,627	15,191
Nombre de transferts CSG vers SSRG	855	854,65	15,1	839,55	869,75

### 2.2.6 Scénarios et indicateurs

Nous proposons un plan d'expérience afin de de comparer l'organisation intégrée et l'organisation fragmentée. Nous avons également testé différentes combinaisons de nombres de lits dans la configuration fragmentée pour estimer un équilibre optimal entre les deux services. Nous nous sommes fixé comme contrainte de conserver le même nombre de lits total (CSG+SSRG) car la politique actuelle de réduction du coût de la santé privilégie une réduction du nombre de lits par rapport à une augmentation. Nous nous basons sur le nombre de lits théorique (administratifs) du département gériatrique du CHU de Saint Etienne (60 lits de CSG et 44 de SSRG) que nous feront évoluer par paliers de 5 lits. Le tableau 2.5 présente le plan d'expérience de cette étude.

Nous utilisons différents indicateurs pour évaluer la performance de nos différents scénarios :

- Le nombre de patients admis au CSG
- Le nombre de patients refusés au CSG

TABLE 2.5 – Plan d'expérience

Scénarios	Int	Sep1	Sep2	Sep3	Sep4	Sep5	Sep6	Sep7	Sep8	Sep9
Nombre de lits CSG	104	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Nombre de lits SSRG	-	64	59	54	49	44	39	34	29	24

- L'occupation des services
- Le nombre de patients qui ont attendu entre le CSG et le SSRG
- La durée de séjour totale

Le nombre de patients admis au CSG est un bon indicateur de performance du fonctionnement du système. En effet plus un service admet de patients et plus il répond à sa mission de soins. Cet indicateur est corrélé au nombre de refus au CSG. L'occupation des services est également important notamment pour le SSRG qui est en partie financé en fonction de sa capacité utiliser ses lits. Pour mesurer les potentiels attentes entre le CSG et le SSRG nous nous basons sur le nombre de patients qui ont attendus au moins une demi journée dans le service de CSG faute de place disponible. La durée de l'attente est quant à elle mise en évidence par la durée de séjour totale qui est calculée pour les patients qui ont fréquenté le CSG et le SSRG.

### 2.2.7 Résultats Numériques

Nous avons simulé notre modèle avec une durée de réplication de 415 jours comprenant une période d'échauffement de 50 jours, la simulation représente donc une année d'hospitalisation. Pour chaque scénario nous avons effectué 20 réplifications afin d'assurer une comparaison significative des indicateurs avec un intervalle de confiance de 95%. Dans toutes les prochaines figures nous appelons "Int" le scénario intégré et pour les scénarios fragmentés nous utilisons "Sep" suivi du nombre de lits dans chaque services. Par exemple le scénario "Sep60/44" est le scénario fragmenté avec 60 lits de CSG et 44 de SSRG. De plus le scénario intégré est représenté par une droite pour simplifier la comparaison avec toutes les valeurs des scénarios fragmentés.

La figure 2.5 présente les taux d'occupations dans les deux services. Nous considérons qu'un taux d'occupation est bon lorsqu'il est compris entre 0,9 et 1 (car le service est presque rempli en permanence). L'organisation intégrée a de bons résultats car le taux d'occupation est de 0,935 sur l'ensemble des 104 lits. Pour les organisations fragmentées on voit que le CSG est également toujours supérieur à 0,9 cependant cela s'explique par différents phénomènes. Dans les scénarios où le CSG possède plus de lits que le SSRG (comme par exemple le Sep40/64) alors cette occupation élevée peut s'expliquer par le faible nombre de place par rapport à une forte demande. Dans le même temps l'occupation du SSRG est très faible (0,425) ce qui montre que ce service est sur-dimensionné par rapport au flux de patients qui sont transférés du CSG au SSRG. Cela ressemble à la situation de l'hôpital de Lyon, dans ce cas là le SSRG devrait trouver des patients dans

d'autres services de CSG pour conserver ses financements. Quand le service de CSG est beaucoup plus grand que le SSRG (par exemple Sep80/24) alors les deux services ont une très bonne occupation. Cependant le SSRG étant sous-dimensionné il ne peut pas assurer pleinement son rôle et beaucoup de patients sont bloqués dans le CSG en attente d'une place en SSRG. Le CSG est donc occupé en majorité par des patients qui sont en attente et encombrant le service et empêchent l'admission de plus de patients.

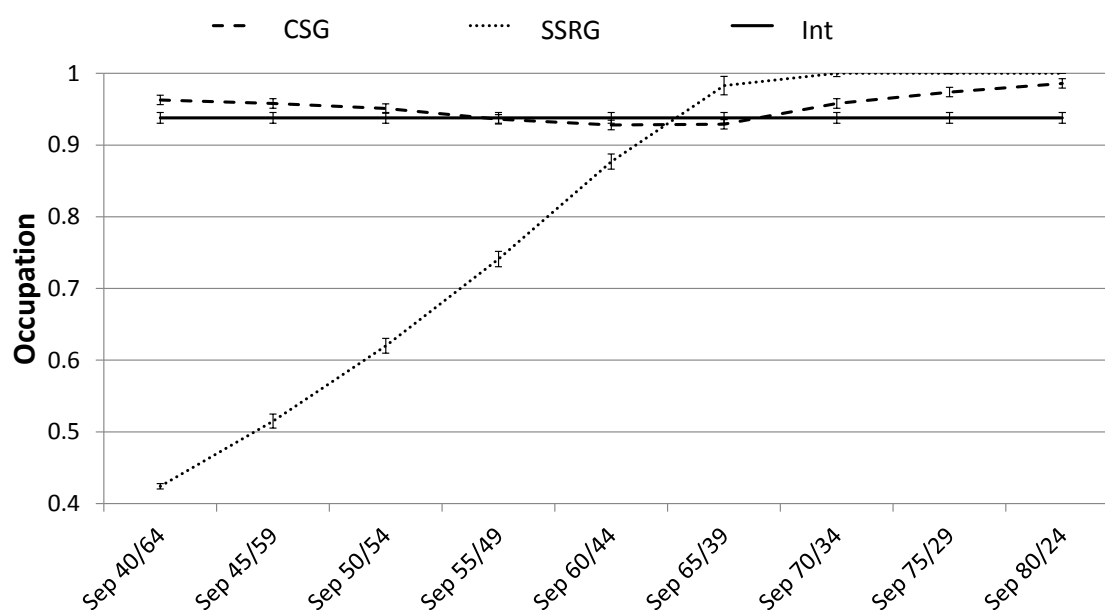


FIGURE 2.5 – Occupation des structures

Ces deux observations sont confirmées par la figure 2.6 qui montre le nombre de patients admis et refusés par les services. Les scénarios Sep40/64 et Sep 80/24 sont les deux configurations où les patients sont les plus refusés et les moins admis. Ainsi le sous-dimensionnement du CSG provoque donc bien des refus à cause d'un manque d'offre à l'arrivée à la porte de ce service. De même dans le scénario Sep80/24 le nombre de patients refusés est élevé malgré un CSG de 80 places. On voit donc que un SSRG sous-dimensionné entraîne une stagnation des patients au CSG ce qui va aussi poser problème à l'entrée de celui-ci. L'occupation est donc composée en majorité de patients qui sont en attente de SSRG. On peut voir que plusieurs scénarios plus équilibrés comme le SEP60/44 ou le SEP64/39 où les taux d'occupation sont bons pour les deux services et le nombre de patients admis est relativement proche de l'organisation intégrée qui est également le meilleur scénario pour ces indicateurs.

Les résultats précédents sont également confirmés par les figures 2.7 et 2.8 qui présentent respectivement le nombre de patients qui ont attendu au CSG et la durée moyenne de séjour totale (pour les patients passés par le CSG et le SSRG). Dans la figure 2.7 il n'y a pas de scénario intégré car il n'y a pas d'attente possible entre le CSG et le SSRG. On peut voir que dans les scénarios où le CSG est sous-dimensionné, il n'y a pas d'attente car le SSRG est suffisamment grand pour accueillir tous les patients qui en ont besoin. Au contraire si le CSG est sur-dimensionné le nombre de patients en attente explose (jusqu'à près de 800 patients dans le scénario Sep70/34 car le SSRG n'a pas assez de places. On remarque que le nombre de patients ayant attendu diminue dans les scénarios les plus



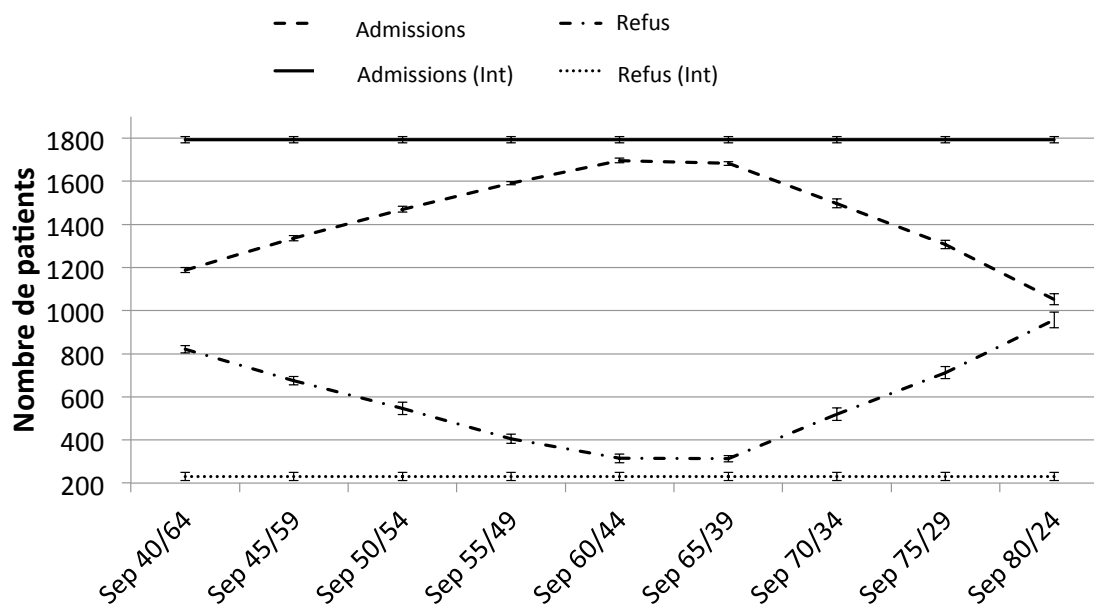


FIGURE 2.6 – Nombre de patients admis et refusés

extrêmes (Sep80/24) car le nombre de patients admis est moins important (figure 2.6) à cause de ce point bloquant. En revanche la durée de séjour totale augmente dans ces scénarios. En d'autres termes les patients attendent plus longtemps en CSG ce qui augmente le nombre de refus. On remarque que la durée moyenne de séjour totale augmente légèrement dans les scénarios équilibrés mais reste acceptable.

Ces résultats montrent que la solution intégrée est dominante pour tous les indicateurs. Cependant on peut noter que cette gestion peut aussi poser des questions car la population fréquentant le service (CSG vs SSRG) peut varier de manière importante. En effet le système s'adaptant aux patients de CSG en leur proposant de conserver leur lit en cas de transfert (administratif) la question de l'affectation de ressources humaines reste une question importante. On voit également qu'en choisissant un bon équilibre de lits dans une organisation fragmentée, on peut trouver des résultats proches de ceux de l'organisation intégrée.

## 2.2.8 Analyse économique

Dans cette partie nous allons nous focaliser sur le financement du service de CSG car il est financé par la tarification à l'activité (T2A) qui prend en compte le groupe homogène de malades (GHM) et la durée de séjour (Or et Renaud, 2009). Plusieurs études des services hospitaliers ont réalisé une analyse financière comme (Barton *et al.*, 2010) qui ont mesuré les économies quand la file d'attente entre les hôpitaux et les Nursing Home privés est réduite. Pour cela ils ont estimé un coût journalier pour les soins aigus (£164,80) et pour les soins de suite (£114,80), ces coûts étaient basés sur les travaux de Saka *et al.* (2009). Gorunescu *et al.* (2002) et Belciug et Gorunescu (2015) utilisent également un coût journalier qu'ils divisent en deux parties : un coût d'hébergement (£50) et un coût de traitement (£118). A cela les auteurs ajoutent une pénalité qui prend en compte la durée de séjour dans le service. Ces études ne prennent pas en compte le type de maladie

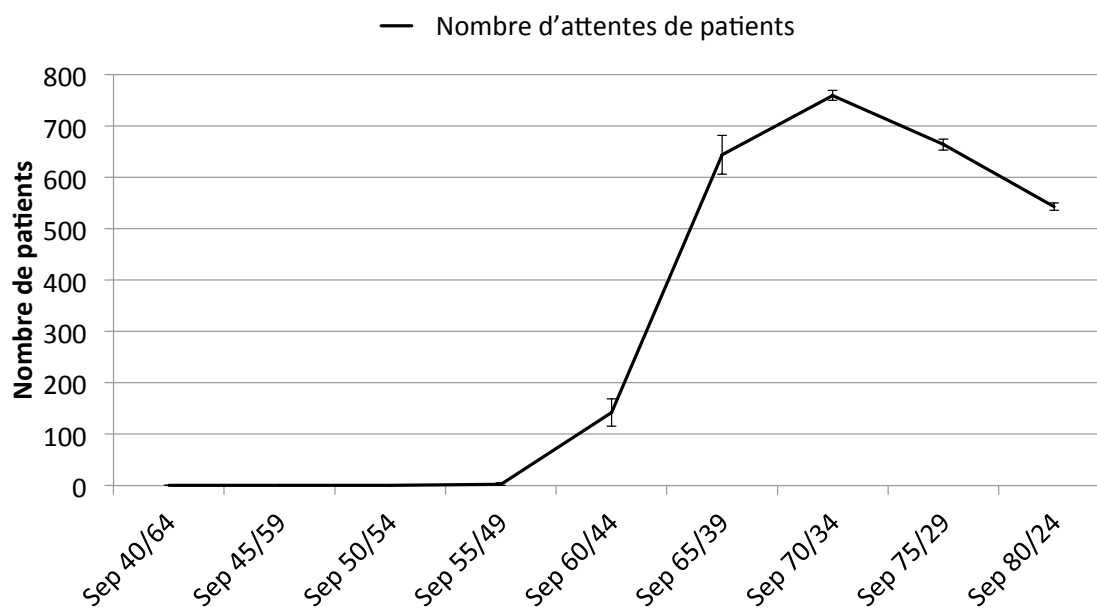


FIGURE 2.7 – Nombre de patients qui ont attendu entre le CSG et le SSRG

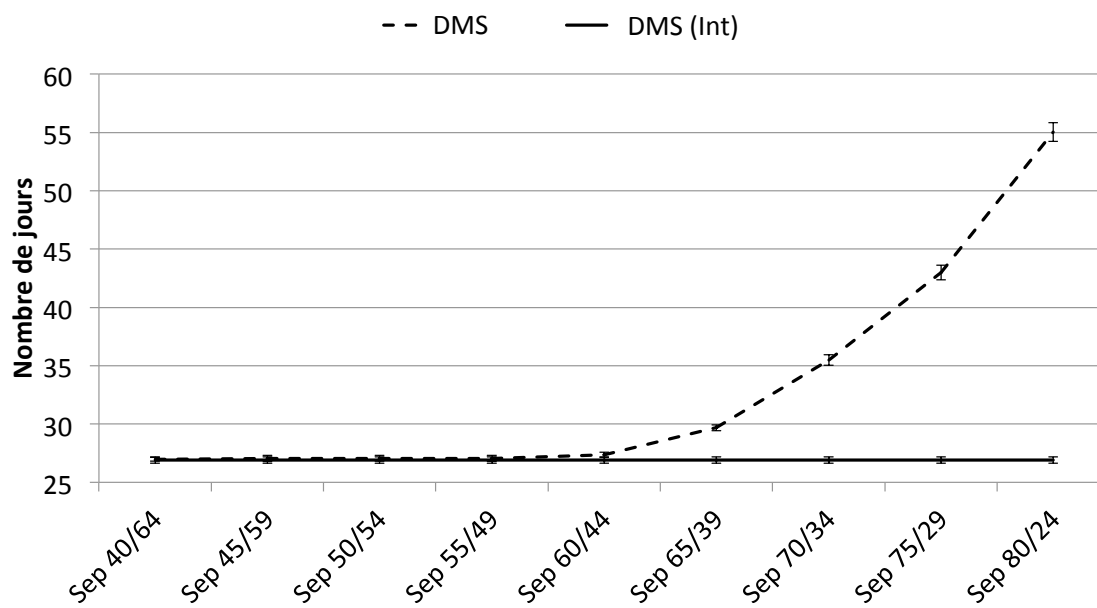


FIGURE 2.8 – Durée de moyenne de séjour

du patient (GHM) qui est la base du remboursement du système français. C'est le cas de Prodel *et al.* (2014) qui utilisent les GHM pour estimer la variabilité économique d'un hôpital en fonction du type de patients admis dans un service d'Urgences.

Le calcul d'un remboursement prend donc en compte le GHM qui décrit un type de maladie et une sévérité associée. Pour chaque GHM on retrouve les éléments suivants : une Borne Inférieure ( $BI$ ), une borne Supérieure ( $BS$ ) et un Montant Basique ( $MB$ ) de remboursement et Remboursement Supplémentaire journalier ( $RS$ ). Il existe deux types de pénalité : les Pénalité Fixes ( $PF$ ) et les Pénalités Journalières ( $PJ$ ). Il y a 3 solutions possibles en fonction de la durée de séjour ( $DS$ ) du patient : (i) la durée de séjour est inférieur à la borne inférieure ( $DS < BI$ ), (ii) la durée de séjour est entre les deux bornes ( $BI < DS < BS$ ) et (iii) la durée de séjour est supérieure à la borne supérieure ( $BS < DS$ ). Le cas de figure le plus simple est le cas (ii) car le remboursement est  $BM$  et ce quel que soit la durée de séjour entre les deux bornes. Pour le cas (iii) on ajoute au montant basique le remboursement supplémentaire journalier pour chaque jour au dessus de la borne supérieure ( $MB + (DS - BS) * RS$ ). Le but est d'aider le service financièrement si l'hospitalisation est vraiment prolongée mais ces remboursements supplémentaires ne sont pas avantageux pour inciter les services à ne pas garder trop longtemps leurs patients. Enfin le cas (iii) où  $DS < BI$  est le cas le plus complexe car il peut être traité de 3 manières différentes :

- Si le patient décède alors le remboursement est le montant basique  $BM$
- Si le GHM du patient est basé sur le système d'une pénalité fixe alors le remboursement est égal à  $MB - PF$
- Si le GHM du patient est basé sur le système d'une pénalité journalière alors le remboursement est égal à  $MB - (DS - BI) * PJ$

Le but de ces pénalités est d'éviter de rembourser trop un hôpital qui n'a eu le patient que pour une faible période dans son service. Cependant comme il est préférable de réduire la durée moyenne de séjour, ces pénalité assurent au service un remboursement intéressant pour inciter à libérer plus rapidement les lits.

Pour estimer les coûts nous utilisons une base de donnée publique de l'ATIH (Agence Technique de l'Information sur l'Hospitalisation). Cette base composée de données issues de 70 hôpitaux nous permet de déterminer un coût journalier par GHM. Nous affectons ensuite un GHM en fonction de la durée de séjour du patient. Nous formons des groupes de durée de séjours de 5 jours (par exemple de 1 à 5 jours, de 6 à 10 jours, etc...). Pour chaque groupe nous attribuons un GHM selon une loi discrète. Nous avons ensuite calculé les dépenses et remboursements de l'instance réelle et de l'organisation intégrée dont les résultats sont présentés dans le tableau 2.6 où l'on peut voir que nous respectons l'ordre de grandeur des dépenses et remboursement. La différence est de 0,5% pour les dépenses et 4% pour les remboursement, nous validons donc notre méthode d'assignation des GHM.

La figure 2.9 introduit deux nouveaux indicateurs basés sur les attentes des patients en CSG. Si un patient attend en CSG par faute de places en SSRG alors nous ne prenons en compte uniquement les dépenses et les remboursements induis par cette attente. Si le patient a eu accès sans attente au SSRG alors nous estimons que les dépenses et remboursements supplémentaires sont induis par des raisons médicales et pas à l'organisation des services. Nous observons donc des coûts supplémentaires et des remboursements supplémentaires. On peut voir avec ces résultats que les scénarios avec un CSG sous-dimensionné

TABLE 2.6 – Validation des dépenses et remboursements

Scénarios	Dépenses	Remboursement
Instance réelle	8 707 951,21 €	8 592 827,78 €
Simulation (Organisation intégrée)	8 739 057,82 €	8 260 263,63 €
Différence	0,5%	4%

ne sont pas impactés financièrement pour la raison qu'ils ne provoquent pas d'attentes entre le CSG et le SSRG. Pour les scénarios qui ont des résultats qui s'approchent de la solution intégrée comme le Sep60/44 alors il y a une légère perte (11 544 € de remboursements supplémentaires contre 154 513 € de dépenses supplémentaires). Pour les scénarios qui génèrent une grosse attente entre le CSG et le SSRG (Sep 80/24) on peut voir que les différences sont très importantes (992 024 € de remboursement supplémentaires contre 7 228 040 € de coûts supplémentaires).

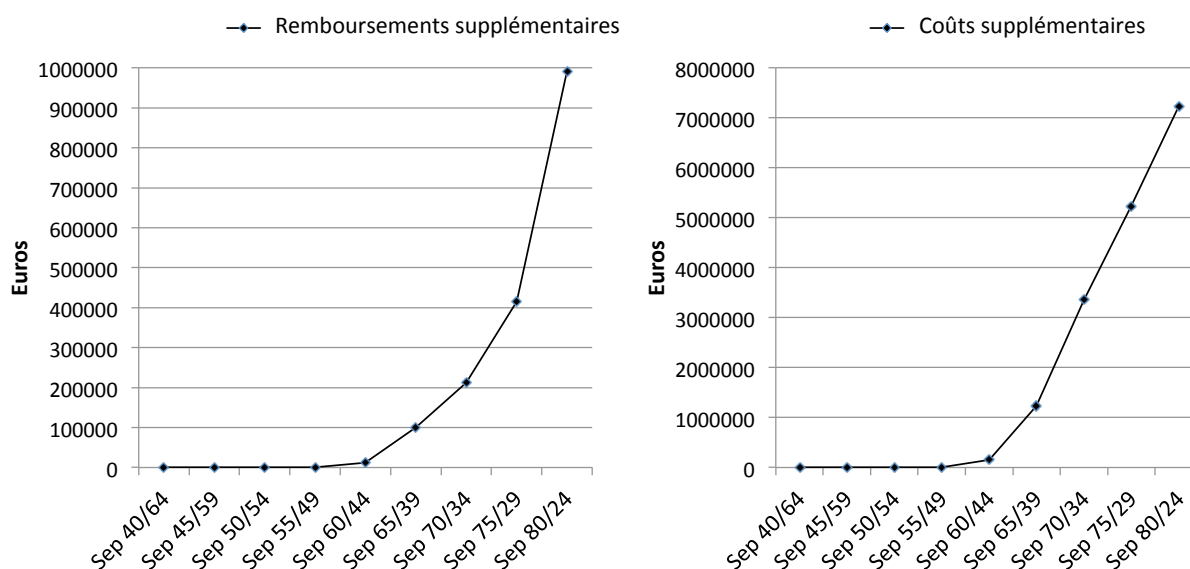


FIGURE 2.9 – Coûts et remboursements supplémentaires

Il faut noter que le service financièrement impacté est le CSG alors que cette attente n'est pas générée par sa faute comme le patient est en attente de lit d'aval. Les écarts entre remboursement et coûts s'expliquent avec le fonctionnement de la T2A. Si la durée de séjour est comprise entre les deux bornes ( $BI < DS < BS$ ), le remboursement sera égal à  $MB$  et ce même si le patient a été bloqué au CSG faute d'avoir un lit disponible en aval (et donc avoir augmenté sa durée de séjour alors qu'il aurait pu partir plus tôt). Cependant sa présence dans le service a coûté au CSG.

## 2.3 Evaluation de l'impact de la mise en place d'une "Hotline gériatrique"

Cette étude a été réalisée en partenariat avec la thèse de médecine de Mme Justine Dijon à l'Université Jean Monnet de Saint-Etienne (Dijon, 2017). Le but de ce travail était dans un premier temps de déterminer s'il y a des différences entre les profils des patients qui ont eu accès au CSG via la ligne téléphonique directe (hotline) et les patients admis par les Urgences. Cette partie comprenant une collecte de données et une analyse statistique a été réalisée par Justine Dijon. Une seconde étude incluant une analyse quantitative via la simulation a été réalisée dans le but de comprendre les effets de la hotline sur les flux de patients dans le département gériatrique. Cette partie va être exposée dans cette section.

### 2.3.1 Contexte de l'étude

La loi HPST (loi Hôpital, Patient, Santé et Territoire) de 2009 qui consiste à optimiser les parcours de soins des patients sur les territoires a doté chaque territoire d'une filière gériatrique. Une mesure prévoit la mise en place d'une ligne téléphonique directe entre les médecins de ville et les médecins gériatres dans le but d'éviter les passages systématiques aux Services d'Accueil d'Urgence (SAU). Cette ligne téléphonique (hotline) a été mise en place en mars 2013 au CHU de Saint-Etienne (Bailly, 2014). Elle est strictement réservée à une relation de médecin à médecin et peut déboucher sur 3 possibilités :

- **Une redirection vers le SAU** : Si le médecin gériatre estime que le problème décrit par le médecin de ville est urgent, l'appel peut déboucher sur une redirection vers le SAU. Dans ce cas là le patients suivra un parcours classique à partir du service des urgences.
- **Une admission au CSG** : Si le médecin gériatre estime que le problème du patient nécessite une hospitalisation et qu'une place est disponible au CSG alors le patient peut être admis directement dans le service. Si la situation peut attendre et qu'une place se libère dans les 3 jours alors le médecin gériatre peut également programmer l'hospitalisation.
- **Un consultation gériatrique** : Si l'état du patient ne nécessite pas d'hospitalisation, le médecin gériatre peut renseigner son confrère en lui accordant une consultation gériatrique téléphonique. Cette consultation a pour but de donner des conseils au médecin de ville pour qu'il puisse contrôler la situation en prenant en compte les spécificités des personnes âgées.

Pour permettre au CSG de pouvoir accueillir des patients depuis la hotline alors qu'il est déjà sollicité par le SAU, il a été mise en place un dispositif de réservation de lits. Chaque jour 3 lits (dans la limite de la disponibilité) sont dédiés à une hospitalisation par l'intermédiaire de la hotline avant 13h. Si les lits dédiés à la hotline ne sont pas utilisés après cette heure alors ils redeviennent disponibles pour une hospitalisation en provenance du SAU. Un médecin gériatre est d'astreinte à la hotline par jour de 9h à 18h. La figure 2.10 illustre les possibilités de parcours après l'utilisation de la hotline.

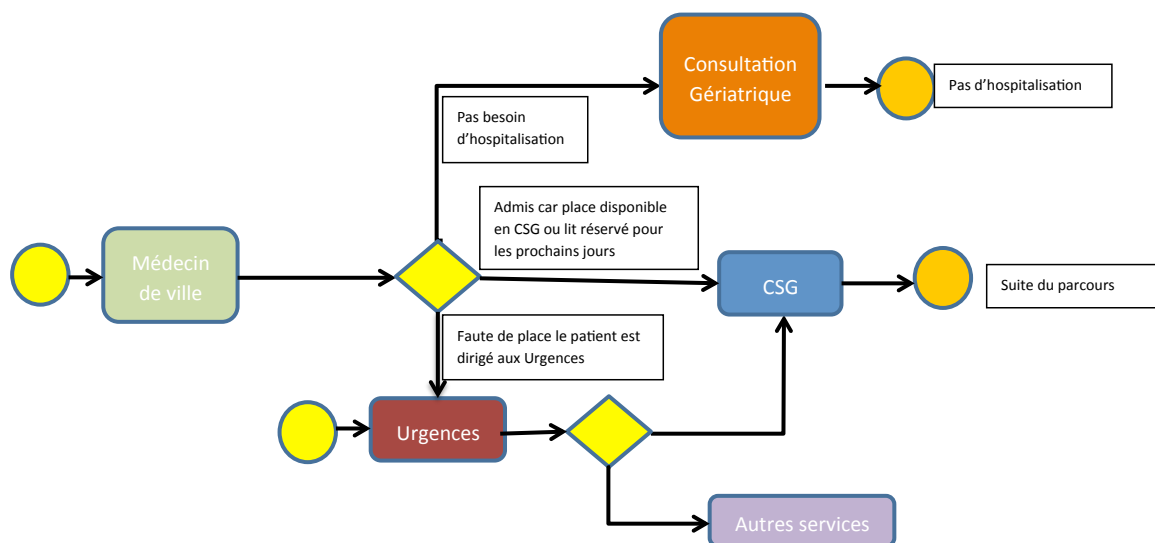


FIGURE 2.10 – Fonctionnement de la hotline gériatrique à Saint-Etienne

### 2.3.2 Description informelle des parcours des patients

Dans le cadre de la thèse de médecine de Justine Dijon (Dijon, 2017) il a été réalisé un questionnaire afin de pouvoir comparer les différentes caractéristiques entre les patients ayant intégré le CSG par l'intermédiaire de la hotline et les patients provenant du SAU. L'inclusion des sujets s'est déroulée entre le premier juin 2015 et le premier juin 2016. Les résidents d'EHPAD qui nécessitent une hospitalisation ont été exclus à cause de leur niveau élevé de dépendance.

Plusieurs critères ont été relevés comme l'identité du patient (âge, sexe, date de naissance), le mode d'hospitalisation (si le patient a été hospitalisé via les urgences ou via le SAU) et le contexte de l'hospitalisation comprenant le mode de vie (isolement, présence d'aides). Divers scores ont également été calculés comme le score de Charlson qui se base sur les antécédent du patient. Les niveaux d'autonomie avant hospitalisation (ADLs, IADLs) et après hospitalisation (GIR) ont été pris en compte tout comme la destination du patient (retour domicile ou placement en institution).

Deux type de parcours ont ensuite été comparés : (i) l'admission par l'intermédiaire de la hotline et (ii) après un passage aux urgences. La population étudiée provient aux deux tiers du SAU et pour un tiers de la hotline. Les caractéristiques socio-démographiques des deux groupes étaient similaires. Les motifs d'hospitalisation les plus fréquents lors d'une admission par la hotline sont l'altération de l'état général, la douleur et la perte d'autonomie tandis que les patients qui ont fait un passage aux urgences étaient hospitalisés pour la plupart à cause d'une chute ou d'un malaise. Une différence significative concerne les durées de séjour dans le service avec une moyenne de 11,6 jours avec une admission via la hotline et 14,1 jours par le SAU. Les patients issues des urgences sont également plus rapidement ré-hospitalisés (dans les 24,1 jours) que les patients issus de la hotline (29,5 jours).

### 2.3.3 Modélisation

Le modèle reproduit le fonctionnement observé au CHU de Saint-Etienne, et respecte les hypothèses suivantes :

**Hypothèse 1** : *Le CSG et le SSRG ne sont considérés que comme un seul service car nous nous basons sur une configuration intégrée et les relevés effectués ne prennent pas en compte les deux durées de séjour.*

**Hypothèse 2** : *Il n'y a pas de blocage possible à cause d'une attente de solution d'aval (attente d'une place en EHPAD, etc). Nous nous basons donc uniquement sur la Durée de séjour fournie par les données.*

**Hypothèse 3** : *Le conseil gériatrique est exclu car nous n'avons pas les données nécessaires pour l'estimer (nombre et temps de conseil)*

**Hypothèse 4** : *Les Urgences sont uniquement représentées comme une file d'attente car c'est un service très difficile à modéliser avec de vraies ressources étant donné le nombre de flux différents. Les patients sortent de la file si une ressource est disponible au CSG.*

**Hypothèse 5** : *Les autres services de l'hôpital sont également négligés, un patient au Urgences ne peut aller que dans le CSG*

**Hypothèse 6** : *Nous prenons en compte les horaires pour les lits dédiés à la hotline (avant ou après 13h) mais également la possibilité de réserver des lits pour les prochains jours. Dans ce cas-là nous estimons connaître à 3 jours près les dates de sortie des patients.*

Nous ne pouvons considérer les services de CSG et SSRG que comme un seul et unique (H1) service car nous sommes contraints par les données récoltées. Elles ne prennent en compte que le temps total du patient passé dans le service CSG/SSRG. De plus nous ne possédons pas le volume de travail que représente la consultation gériatrique donc nous ne prenons pas en compte cet aspect du service proposé par la hotline (H3). Le SAU est également simplifié à une simple file d'attente car les flux entrants et sortants sont trop complexes à modéliser (H4). Pour estimer le temps passé aux Urgences il faut prendre en compte le temps d'attente avant une consultation et le temps de consultation. Il aurait fallu faire une étude plus approfondie de ce service en prenant en compte la capacité de ce service. De plus dans la pratique un patient âgé qui passe par le SAU ne va pas forcément être admis au CSG car l'encombrement aux urgences nécessite de trouver des solutions rapidement (H5). Dans le modèle nous préférons considérer que tous les patients qui passent par le SAU rejoignent le CSG. La figure 2.11 présente la modélisation utilisée dans cette étude.

Dans le modèle nous prenons en compte la particularité de réserver des lits (3 maximum) pour la hotline avant 13h. Pour cela nous devons introduire les paramètres suivants à notre modèle.

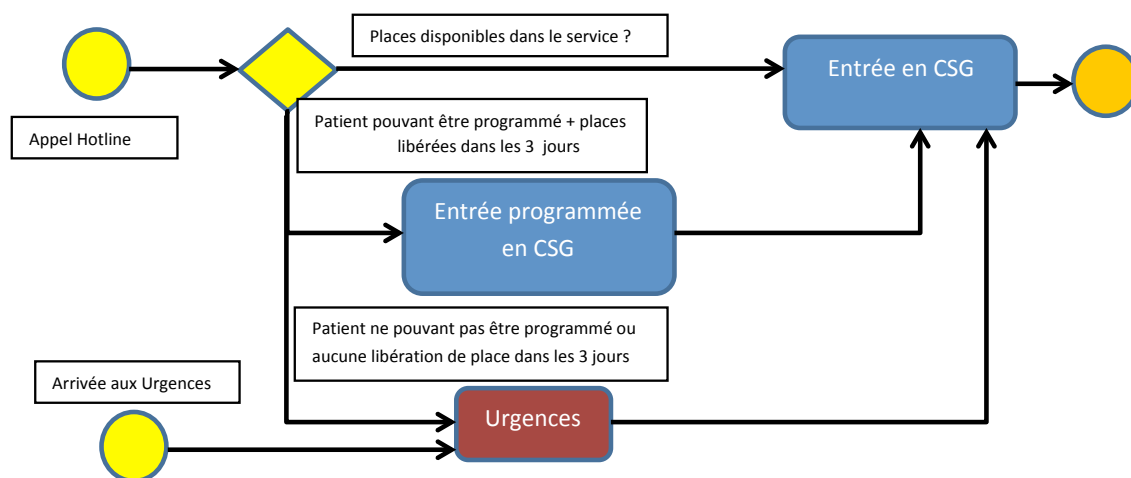


FIGURE 2.11 – Modèle d'admission en CSG

### Paramètres

- $J$  : ensemble des jours de la simulation indexés par  $j \in \{1 \dots j \dots |J|\}$
- $I$  : ensemble des patients de la simulation indexés par  $i \in \{1 \dots i \dots |I|\}$
- $H$  : 0 si l'instant de la journée est avant 13h, 1 sinon
- $Q_{max}$  : quantité maximum de lits dédiés à la hotline par jour. Il est actuellement de 3 lits au CHU de Saint-Etienne.
- $DHL_j$  : nombre de lits dédiés à la hotline au début de la journée  $j$
- $PROG_j$  : nombre de lits programmés pour le jour  $j$
- $LIB_j$  : nombre de lits libérés après le jour  $j$
- $OCC_j$  : nombre de lits occupés au début du jour  $j$
- $C$  : capacité du service de gériatrie
- $P_i$  : Provenance du patient  $i$ . Si  $i$  est un patient en provenance du SAU alors ce paramètre est égal à 0, s'il est en provenance de la hotline alors le paramètre est égal à 1, enfin si ce patient est programmé alors le paramètre est égal à 2.
- $PR_i$  : 1 si le patient est programmable dans le service dans les 3 jours, 0 sinon
- $NBP_i$  : date de l'hospitalisation programmée

Pour déterminer le nombre de places dédiées à la hotline  $DHL_j$  au début de la journée il faut tenir compte de l'occupation du service et des futures programmations et libérations de lits. Ainsi si  $C - OCC_j + LIB_j - PROG_j \geq Q_{max}$  alors  $DHL_j = Q_{max}$  car cela signifie que l'occupation disponible est supérieure au nombre de places réservées maximum par jour. Donc le nombre de places réservées est  $Q_{max}$ . Dans le cas contraire  $DHL_j = C - OCC_j - PROG_j + LIB_j$  car cela représente le nombre de lits disponibles dans la journée (si le résultat est 2 alors on ne pourra dédier que 2 lits à la hotline).

Pour piloter l'admission dans le service nous proposons l'algorithme 1 qui explique les différentes conditions d'admission selon le moment de la journée et la situation du patient. Si le patient arrive le matin (lignes 1 à 24) et qu'il est au service des urgences (lignes 2



**Algorithm 1** Admission des patients dans le service

---

```

1: if  $H = 0$  then
2:   if  $P_i = 0$  then
3:     if  $C - OCC_j - DHL_j - PROG_j > 0$  then
4:       Le patient est admis dans le service (CSG),  $OCC_j = OCC_j + 1$ 
5:     else
6:       Le patient reste dans la file d'attente (SAU)
7:     end if
8:   else if  $P_i = 1$  then
9:     if  $DHL_j > 0$  then
10:      Le patient est admis dans le service (CSG),  $OCC_j = OCC_j + 1$ ,  $DHL_j =$ 
11:         $DHL_j - 1$ 
12:    else if  $C - OCC_j - PROG_j > 0$  then
13:      Le patient est admis dans le service (CSG),  $OCC_j = OCC_j + 1$ 
14:    else if  $PR = 1$  then
15:      for  $j + 1$  jusqu'à  $j + 3$  do
16:        if  $C - OCC_j - PROG_j > 0$  and  $C - OCC_j - PROG_j \geq Q_{max} - PROG_j$ 
17:          then
18:            Le patient est admis dans le service (CSG) pour le jour  $j$ ,  $PROG_j =$ 
19:               $PROG_j + 1$ ,  $NBP_i = j$ 
20:          end if
21:        end for
22:      else
23:        Le patient est transféré au SAU,  $P_i = 0$ 
24:      end if
25:    else if  $P_i = 2$  and  $PR_i = j$  then
26:      Le patient intègre le service (CSG),  $OCC_j = OCC_j + 1$ ,  $PROG_j = PROG_j - 1$ 
27:    end if
28:  else if  $H = 1$  then
29:    if  $P_i = 0$  then
30:      if  $C - OCC_j - PROG_j > 0$  then
31:        Le patient est admis dans le service (CSG),  $OCC_j = OCC_j + 1$ 
32:      else
33:        Le patient reste dans la file d'attente (SAU)
34:      end if
35:    else if  $P_i = 1$  then
36:      if  $C - OCC_j - PROG_j > 0$  then
37:        Le patient est admis dans le service (CSG),  $OCC_j = OCC_j + 1$ 
38:      else if  $PR = 1$  then
39:        Même procédure que les lignes 14 à 19
40:      end if
41:    else if  $P_i = 2$  and  $PR_i = j$  then
42:      Le patient intègre le service (CSG),  $OCC_j = OCC_j + 1$ ,  $PROG_j = PROG_j - 1$ 
43:    end if
44:  end if

```

---

à 7), alors nous vérifions si un lit est disponible en prenant en compte le nombre de lits occupés, réservés pour la hotline ainsi que les patients programmés qui viendront occuper des lits qui vont se libérer (ligne 3). Si tel est le cas alors le patient est admis dans le CSG et on met à jour l'occupation (ligne 4) sinon le patient reste dans la file d'attente du SAU (ligne 6). Si le patient arrive par l'intermédiaire de la hotline (ligne 8 à 21) alors dans un premier temps on vérifie s'il reste des places dédiés à la hotline (ligne 9). Si oui on met à jour les occupations ainsi que les places dédiées à la hotline disponibles (ligne 10). Sinon on regarde également si il reste des places disponibles non dédiées (ligne 11), dans ce cas on accepte le patient en mettant à jour l'occupation des services (ligne 12). Ensuite si le patient peut attendre une hospitalisation programmée (ligne 13), on vérifie sur une période de 1 à 3 jours (ligne 14) que l'occupation réelle au jour  $j$  observé est supérieur à 0 (en prenant en compte les futures programmations) et ne dépasse pas le nombre maximal de lits hotline dédié en prenant en compte les patients déjà programmés (ligne 15). Si oui on réserve un lit au patient et on note sa date d'hospitalisation (ligne 16). Si le patient ne peut pas attendre alors on le transfère au SAU (ligne 20). Si le patient a une hospitalisation programmée et que  $j$  correspond à son jour d'arrivée alors il intègre le CSG. Dans toute la partie correspondant à l'après midi (après 13h) où  $H = 1$  (ligne 25 à 41) les modes d'admissions sont les mêmes hormis que l'on ne prend plus en compte les lits réservés pour la hotline pour les patients venant du SAU (ligne 27) comme pour ceux qui viennent de la hotline (ligne 33). Cependant la possibilité de réservation est possible (ligne 32 à 40) car la hotline reste disponible jusqu'à 18h.

### 2.3.4 Plan d'expérience et indicateurs de performance

Pour paramétrer notre modèle nous nous basons sur la collecte de données effectuée dans le cadre de la thèse de Justine Dijon notamment pour les durées de séjour qui ont été déterminées avec le module Process Analyser du logiciel ARENA ROCKWELL 14.5. Suivant le parcours du patient (hotline ou SAU) les durées de séjour sont différentes. Pour les patients arrivés par l'intermédiaire de la hotline la distribution de la durée de séjour suit une loi NORM(11,6 ; 4,91) jours et pour les patients passés par le SAU la distribution de la durée de séjour suit une loi NORM(14,5 ; 5,13) jours. Nous estimons également le nombre de patients qui peuvent être programmés sur les 3 prochains jours à 34% en nous basant Bailly (2014) même si cette donnée (la seule que nous avons) doit être relativisée car elle ne détaille pas si des patients programmables sont passés par le SAU faute de possibilité de programmation. Pour tester la capacité de programmation sur 3 jours du modèle nous testerons également ce paramètre avec la valeur de 80%. De plus les données dont nous bénéficions indiquent que la durée inter-arrivées d'entrées via la hotline représentent une loi EXP(0,45) jours soit environ deux patients par jour. Cela ne prend pas en compte le nombre d'appels qui n'ont pas abouti. Nous augmenterons donc cette loi dans un second temps à EXP(0,1) ce qui représente environ 10 appels par jour. Enfin nous ferons varier le nombre de lits pouvant être réservés pour la hotline, de 0 à la totalité des lits (soit 100 lits). Pour résumer les scénarios varient selon 3 paramètres :

- La fréquence de demande via la hotline gériatrique (EXPO(0.45) vs EXPO(0.1))
- Le taux de patients programmables sur 3 jours (34% vs 80%)
- Le nombre de lits pouvant être dédiés à la hotline, de 0 (sans hotline) à 100 (tous les lits peuvent être dédiés).

Pour évaluer l'efficacité de la hotline nous allons utiliser les indicateurs de performances suivants :

- L'occupation du service de CSG/SSRG
- Le nombre de patients redirigés vers le SAU faute de place disponible via la hotline
- Le nombre de patients admis via la hotline
- Le nombre de patients admis via le SAU
- Le nombre total de patients
- L'attente moyenne au SAU

### 2.3.5 Résultats numériques

Les résultats que nous présentons dans ce chapitre sont le nombre de patients redirigés vers le SAU faute de place disponible via la hotline et le nombre total de patients admis pendant la simulation. Tous les autres résultats seront présentés dans l'annexe A.

Dans la figure 2.12, on peut voir que dans le cas d'une affluence modérée, le nombre de patients passés aux urgences faute de lits dédiés à la hotline diminue rapidement quel que soit le taux de patient programmable avec un seul lit dédié hotline (113 patients à 34% contre 60 patients à 80%). Lorsqu'il n'y a pas de hotline, alors le nombre de patients directement passés par les Urgences est de 661. Ainsi avec une affluence modérée, environ 550 patients peuvent éviter un passage au SAU en dédiant un seul à la hotline si le taux de patients programmables est de 34% (600 si le taux est de 80%). Comme pour l'occupation les résultats sont légèrement meilleurs avec le taux de patients programmables à 80%. Les améliorations arrêtent d'être significatives à partir de 3 lits dédiés pour le 34% et de 2 lits pour 80% (car dans ce cas les patients peuvent plus facilement obtenir un lit le lendemain). On atteint donc un seuil plancher (qui ne peut être dépassé) assez rapidement.

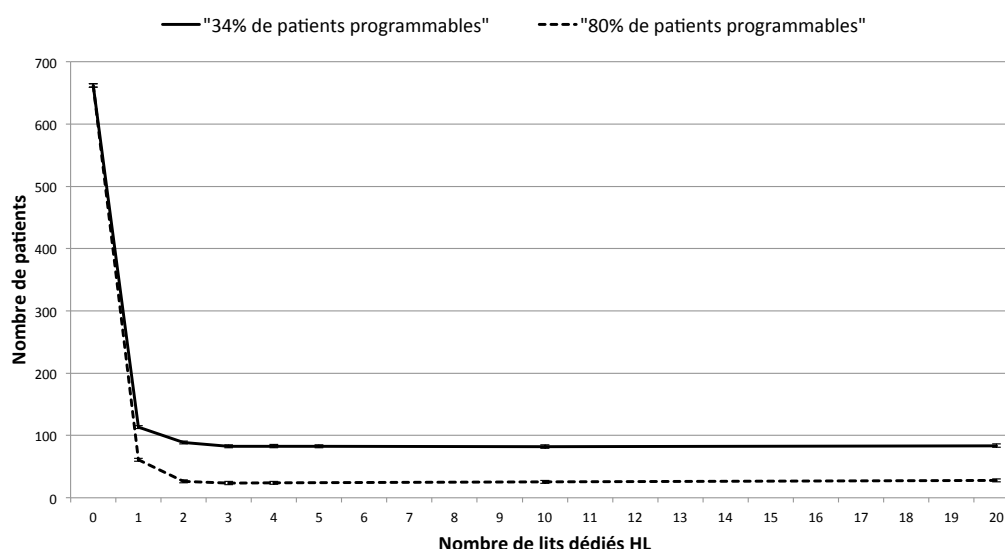


FIGURE 2.12 – Nombre de patients redirigés vers les urgences avec une affluence modérée (EXPO(0.45))

Avec une affluence élevée (figure 2.13) le nombre de patients passés par les Urgences faute de lits est plus important mais les demandes via la hotline sont surestimées. Cela

nous permet néanmoins de pouvoir observer le comportement d'un système surchargé. Pour un taux de patients programmables, le seuil plancher est obtenu avec 5 lits dédiés hotline. Ce résultat est proche de celui d'une affluence modérée (3 lits) mais permet d'éviter plus de 1000 passages aux Urgences. Pour un taux de patients programmables de 80%, le plancher est atteint avec 12 lits dédiés. On évite ainsi 2000 passages aux Urgences. Ces résultats nous montrent que pour l'installation d'une hotline gériatrique avec une forte affluence de demandes, l'utilisation optimale dépend beaucoup du nombre de patients programmables sur 3 jours. De plus, plus les patients sont programmables et plus il faut dédier des lits à la hotline par jour. Le risque de ce genre de décision peut-être d'empêcher la prise en charge de patients via le SAU.

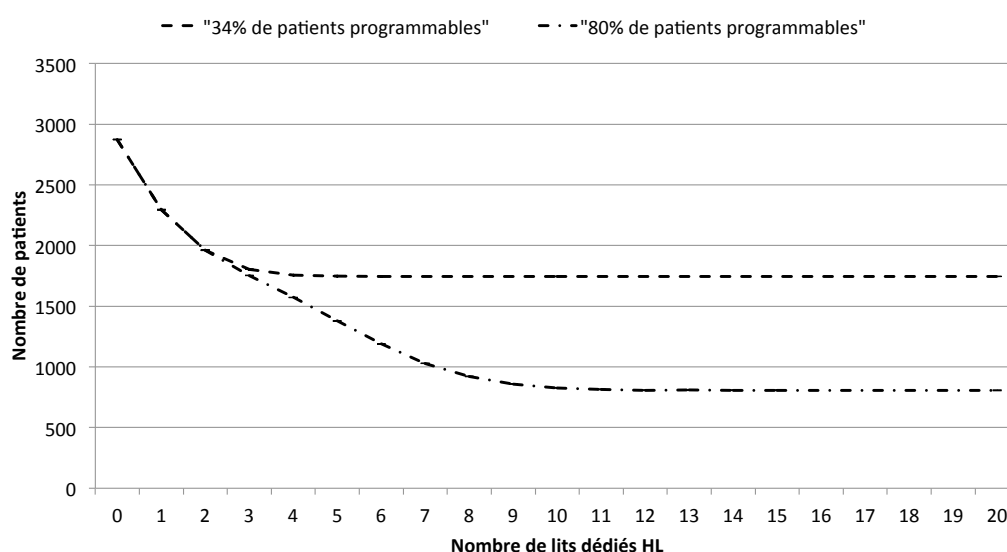


FIGURE 2.13 – Nombre de patients redirigés vers les urgences avec une affluence élevée (EXPO(0.45))

Un autre point intéressant concerne le nombre total de patients admis en CSG (Figure 2.14). On peut voir qu'à un lit dédié hotline le nombre de patients admis atteint son maximum. A partir de 2 lits dédiés, le nombre de patients admis total redescend. On peut attribuer ce phénomène aux lits bloqués avant 13h qui empêchent une fluidité des entrées via les Urgences. On remarque aussi qu'avec une affluence élevée, il n'y a pas de décroissance du nombre total de patients admis en CSG car le flux de patients est suffisant pour remplir tous les lits réservés (figure 2.15). Plus le nombre de patients programmables est important et plus le nombre de patients admis est grand car les durées de séjour des patients admis par la hotline ont une durée de séjour plus faible ce qui permet une plus grande rotation des patients. Le nombre de lits dédiés "hotline" pertinent est donc 12 lits avec 80% de patients programmables et une affluence élevée. Même si ces résultats ne peuvent pas être considérés comme absolus en raison des approximations de la simulation (taux d'arrivées et de patients programmables très élevés), ils restent pertinents du point de vue relatif.

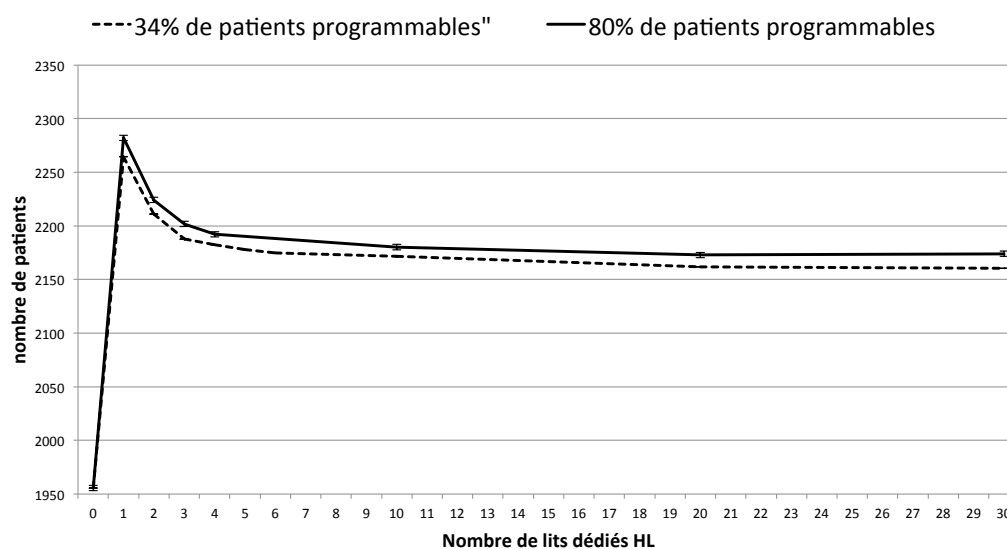


FIGURE 2.14 – Nombre totale de patients admis au CSG

## 2.4 Conclusion

### 2.4.1 Synthèse

Dans ce chapitre nous avons pu étudier deux organisations mises en place par le département gériatrique du CHU de Saint-Etienne :

- L'intégration entre le Court Séjour Gériatrique et les Soins de Suite et de Réadaptation qui consiste à mutualiser les ressources (physiques et humaines) des deux services.
- La hotline gériatrique qui consiste à proposer une ligne téléphonique directe entre les médecins de ville et les médecins des services gériatriques.

L'intégration du CSG et du SSRG a été étudiée grâce à un modèle de simulation à événements discrets comparant deux scénarios principaux : (i) l'organisation intégrée et (ii) l'organisation fragmentée. Une comparaison de cas existants dans la région Rhône Alpes Auvergne a préalablement été effectuée afin de comprendre les caractéristiques de chaque organisation. Pour le cas fragmenté plusieurs configurations de nombre de lits dans les deux services ont été prises en compte. Les indicateurs de performance étaient l'occupation des services, le nombre de patients admis, nombre de patients ayant attendu au CSG et la durée de séjour totale (CSG+SSRG). Enfin une analyse financière a été réalisée en se basant sur la tarification à l'activité (T2A). Les résultats montrent que l'organisation intégrée domine tous autres les scénarios pour tous les indicateurs choisis. Certains dimensionnements de services permettent d'approcher les résultats d'une organisation intégrée. Cependant dans les cas extrêmes (lorsqu'un service est sur ou sous-dimensionné par rapport à l'autre) les services peuvent se retrouver dans des situations où les patients stagnent en CSG faute de trouver une place en SSRG. Nous avons pu voir grâce à notre analyse financière que cette situation représente un gros manque à gagner pour le CSG car les coûts de traitement par patient augmentent sans forcément augmenter le remboursement

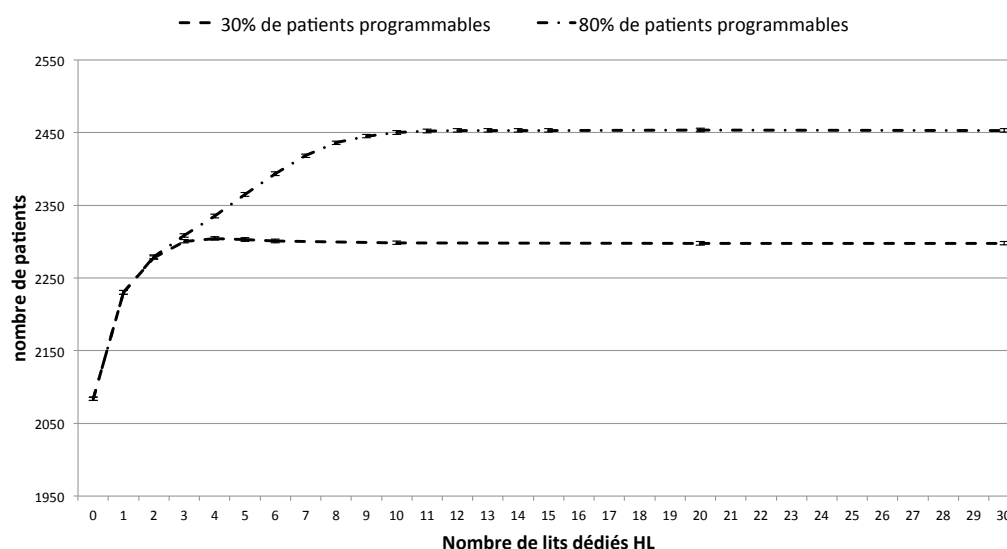


FIGURE 2.15 – Nombre total de patients total admis au CSG

de cette hospitalisation. On peut noter que l'organisation intégrée ou les meilleures organisations fragmentées augmentent la fluidité du modèle et le nombre de patients admis en CSG. Une bonne répartition des ressources est donc un levier pour désengorger les urgences en proposant plus de lits d'aval.

Nous avons également étudié la mise en place d'une hotline gériatrique grâce à un modèle de simulation à événements discrets. Les différents scénarios proposaient différentes affluences de patients au niveau de la hotline et différentes proportions à programmer des patients sur les 3 prochains jours. Enfin la question portait sur un dimensionnement du nombre de lits dédiés à la hotline avant 13h chaque jour. Les différents indicateurs étaient l'occupation, le nombre de patients admis, le nombre de patients re-dirigés vers les urgences et les durées d'attentes au SAU. Dans le cas d'une affluence modérée, affecter un nombre de lits dédiés à la hotline fait diminuer légèrement l'occupation. Le nombre de patients qui demandent une place par la hotline n'est pas assez élevé et dédier des lits pour la hotline bloque des lits avant 13h. Ainsi le nombre total de patients admis augmente jusqu'à un point maximal avant de redescendre progressivement. Cette chute des admissions correspond au moment où le nombre de patients supplémentaires admis via la hotline n'augmente plus assez par rapport au nombre d'entrées via les Urgences. Cependant l'utilisation de la hotline permet d'éviter un nombre important de passages aux Urgences. On voit également que le taux de patients programmables dans les 3 prochains jours améliore légèrement les résultats car le nombre de patients concernés reste limité. L'attente moyenne aux Urgences suit la courbe du nombre de patients admis de manière inverse. Elle diminue jusqu'au pic d'admissions puis ré-augmente quand le nombre de patients acceptés via la hotline ne compense plus les lits bloqués jusqu'à 13h. Ce scénario met également en évidence les durées de séjour plus faibles chez les patients admis via la hotline par rapport à ceux admis via les Urgences. A ce jour une seule étude (de Justine Dijon) évalue les effets de la hotline sur l'hospitalisation des patients. Le modèle proposé dans cette thèse est généralisable et permettrait de conclure dans d'autres configurations moins favorables que dans le cadre du CHU de Saint-Etienne.

## 2.4.2 Perspectives

Dans ce chapitre nous avons pu voir que la réduction des passages aux urgences était possible dans certains cas en mettant un accès direct entre les médecins généralistes de ville et les médecins gériatriques du Court-Séjour. Nous avons également vu qu'une organisation intégrée permettait d'éviter la situation de "bed blocking" et de fluidifier le flux de patients du département gériatrique et donc de proposer plus de lits d'aval au service des urgences. Cependant comme nous l'avons vu dans la section 2.2.3 l'intégration des services de CSG et SSRG n'est pas possible dans la situation actuelle pour tous les établissements. En effet à Lyon et Clermont Ferrand les services sont séparés géographiquement et sont partagés avec d'autres services de Court-Séjour. Notre modèle montre qu'il est possible d'avoir une répartition des lits qui permet de se rapprocher des performances de l'organisation intégrée mais dans un cas où le SSRG est dédié au CSG. Si le SSRG doit accueillir des patients d'autres services ou d'autres hôpitaux la question du pilotage devient primordiale pour le département gériatrique. Il faut savoir quand accepter ou non un patient provenant de l'extérieur du département pour ne pas risquer de bloquer les patients du Court Séjour Gériatrique. Dans la section 2.2.3 nous avons pu voir que les durées de séjour en CSG sont en moyenne plus grandes en SSRG qu'en CSG. Accepter un patient en SSRG revient donc à occuper un lit d'aval du CSG pour une longue période. La figure 2.4.2 présente ce problème. Le choix d'admission au point C peut entraîner un point de blocage B si le choix ne prend pas en compte les patients du CSG qui vont prochainement avoir besoin de rejoindre le SSRG. Une option pour le service est de placer les patients bloqués au point B dans un autre SSR mais ce parcours occasionne un changement d'environnement et un parcours moins adapté aux particularités gériatriques. Le blocage au point B peut également engendrer une occupation élevée dans le CSG et créer le point de blocage A qui empêche d'offrir une solution gériatrique aux urgences. Le choix d'admission au point C ne peut-être réellement pertinent qu'avec une projection de l'occupation des services pour les jours suivants.

La littérature scientifique propose diverses études qui essaient de modéliser les durées de séjour dans les services hospitaliers. On peut citer par exemple la distribution (Coxian Phase Type) qui a été particulièrement utilisée pour les services de Court-Séjour Gériatrique (Marshall *et al.*, 2002; Marshall et McClean, 2004; Marshall *et al.*, 2007) . Le principe de cette distribution (figure 2.4.2) est de créer une chaîne de Markov à  $n$  états avec comme possibilités de rester dans le même état, passer à l'état suivant ou sortir du système. La distribution est déterminée par le nombre d'états et les probabilités de transitions de la chaîne de Markov (pour plus de précisions sur la méthode, voir les articles cités précédemment). D'autres méthodes peuvent être utilisées pour prédire le parcours des personnes âgées comme la régression logistique ou les réseaux de neurones (Ottenbacher *et al.*, 2001).

Un modèle de prédiction pourrait être envisagé pour déterminer le parcours des personnes âgées avec des distributions de type Coxian Phase Type pour prédire les durées de séjour en CSG et/ou SSR. Les parcours (besoin de SSRG ou non) pourraient être déterminés à l'aide d'une régression logistique ou un réseau de neurones en prenant en compte les caractéristiques du patient.

Pour mettre en relation la modèle prédictif, le modèle de simulation et un outil d'aide à la décision il serait intéressant de proposer un modèle de Programmation Linéaire en Nombres Entiers (PLNE) afin de décider combien et quels patients admettre au SSR

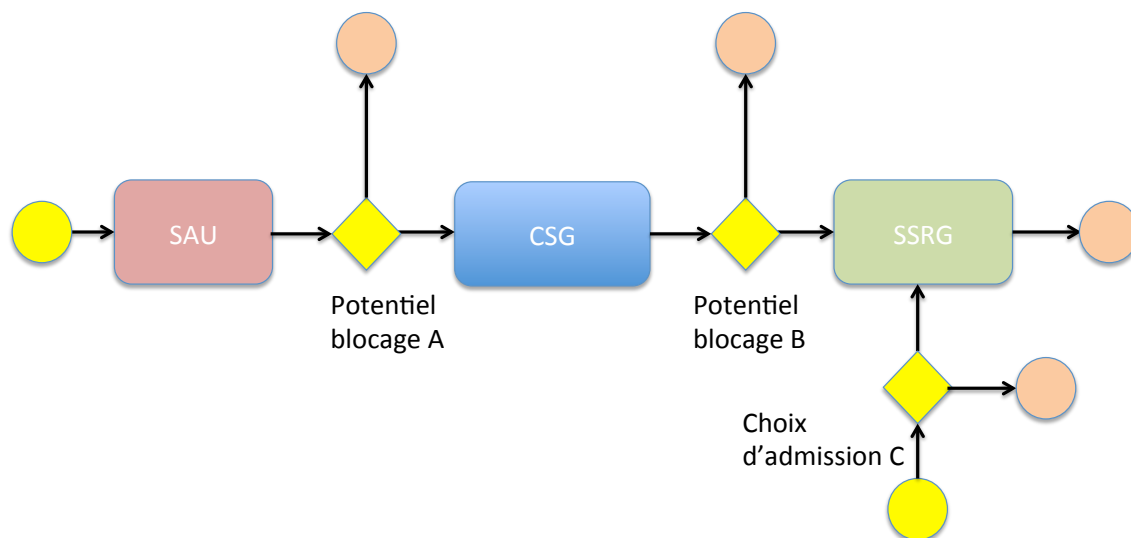


FIGURE 2.16 – Problème des admissions venant d'autres services en SSRG

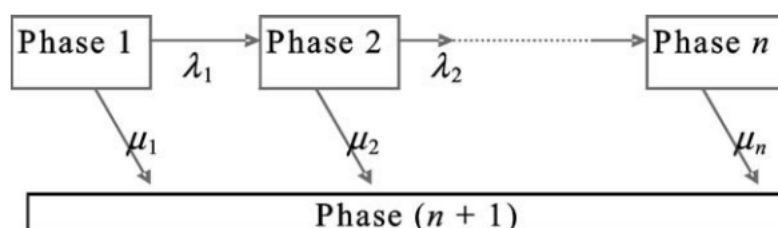


FIGURE 2.17 – Exemple d'une distribution Coxian Phase Type (Marshall et McClean, 2004)

à partir d'un autre service ou d'un autre hôpital. Le PLNE pourrait être de la forme suivante :

### indexes

- $T$  : ensemble des périodes de la simulation indexées par  $t \in \{1 \dots t \dots |T|\}$

### Variables de décision

- $NE_t$  : Nombre de patients extérieurs admis à la période  $t$

### Paramètres

- $C$  : Capacité du SSR
- $NP_t$  : Nombre de patients présents dans le SSR à la période  $t$  (calculé à partir des prédictions des durées de séjour en CSG, des durées de séjour en SSR et des



- patients qui auront besoin de CSG après le SSRG)
- $ND$  : Nombre de demandes d'admissions au SSR
  - $\alpha_t$  : coefficient de correction à la période  $t$

### Fonction objectif

La fonction objectif cherche à maximiser le nombre de patients admis au SSR venant d'autres services à différentes périodes (ici à la période  $t$ ,  $t + 5$  et  $t + 10$ ). Nous optimisons sur plusieurs périodes à cause des durées de séjour en SSR qui sont importantes.

$$\max NE_t + NE_{t+5} + NE_{t+10} \quad (2.1)$$

### Contraintes

Les 3 contraintes suivantes permettent de respecter la capacité du SSRG. Le nombre de patients admis est donc contraint par le nombre de patients dans le service à la période observée. On ajoute également un coefficient correcteur pour prendre en compte l'erreur de prédiction possible. On peut imaginer que plus on prédit pour une longue durée et plus le correcteur est élevé (plus de risques d'erreurs).

$$NE_t + NP_t + \alpha_t \leq C \quad (2.2)$$

$$NE_{t+5} + NP_{t+5} + \alpha_{t+5} \leq C \quad (2.3)$$

$$NE_{t+10} + NP_{t+10} + \alpha_{t+10} \leq C \quad (2.4)$$

La contrainte suivante oblige le modèle à ne pas admettre en SSRG plus de patients que la demande au moment de la décision. De plus le nombre de patients que l'on admet dans le service au moment de la décision ne peut pas être supérieur à celui que l'on admettrait à  $t = 5$  ou  $t = 10$  car cela signifierait que des patients issus du CSG seraient bloqués.

$$NE_t \leq NE_{t+5} \leq NE_{t+10} \leq ND \quad (2.5)$$

Ce modèle permettrait de pouvoir piloter les admissions en SSRG en fonction de prédictions des durées de séjour et des parcours des patients (besoin de SSR ou non). La principale difficulté est de collecter les données nécessaires pour avoir des prédictions fiables. Beaucoup de facteurs peuvent influencer des durées de séjour et les futurs besoins des patients et souvent les informations ne sont pas disponibles dans les bases de données du PMSI (notamment pour les données sociales).

# Chapitre 3

## Modélisation des parcours de santé et dimensionnement des soins de longue durée

### 3.1 Introduction

#### 3.1.1 Contexte

L'allongement de l'espérance de vie (Blanpain et Chardon, 2010) va entraîner une augmentation du nombre de personnes âgées dépendantes (Charpin et Tlili, 2011). Le type de soins adaptés à la prise en charge de la dépendance sont les Soins de Longue Durée (Jeandel et Bonnel, 2004). Ces types de soins se divisent en deux catégories : (i) les soins médicaux et (ii) les aides à la personne pour compenser les incapacités (perte d'autonomie). Dans le premier cas le soin concerne le traitement d'une ou plusieurs maladies chroniques comme par exemple le diabète ou la maladie de Parkinson. Les services d'aide à la personne permettent d'aider les personnes âgées pour les tâches du quotidien. On fait la distinction entre les activités de bases comme se laver ou s'habiller (ADL pour Activities of Daily Living) et les activités plus complexes comme faire les courses ou préparer à manger (IADL pour Instrumental Activities of Daily Living) (Bleijenberg *et al.*, 2017). La sévérité des incapacités peut conditionner la nature des services. Par exemple les IADLs peuvent être assurées par du personnel non médical alors que certains ADL ne le permettent pas. On peut citer l'exemple de la toilette qui exige à minima un diplôme d'aide soignant(e). La prise en charge des personnes âgées doit donc être adaptée aux différentes pathologies au niveau de dépendance de chaque personne.

Une autre facteur important est l'environnement social de la personne âgée. La prise en charge peut varier selon l'entourage présent (conjoint ou enfants) au quotidien. Cet entourage peut être amené à fournir une aide dite informelle, c'est-à-dire qu'elle n'est pas assurée par un professionnel (de santé ou non). Dans ce cas là, la personne qui fournit cette aide est appelée un aidant. Dutheil (2001) montre que seulement 21% des personnes âgées recevant une aide ont recours à une aide uniquement professionnelle. De plus on peut constater dans cette étude une différence entre les catégories sociales et professions, cette aide exclusivement formelle concerne 40% des cadres contre 17% des ouvriers et 11% des agriculteurs. Les aidants informels sont donc très importants dans le maintien des personnes âgées à domicile notamment chez les plus défavorisés. Cependant le nombre

de personnes âgées dépendantes devrait augmenter d'avantage que le nombre d'aidants (Kerjose, 2003). Ce phénomène peut s'expliquer de manière démographique (baisse du nombre d'enfants après le baby boom) mais également par le travail plus fréquent des femmes par rapport aux générations précédentes ainsi que l'éloignement des enfants de la région de leurs parents (Bontout *et al.*, 2002). Vallée et Vallée (2017) proposent une étude qualitative sur des aidants de personnes âgées atteintes de démence. Il ressort de cette enquête qu'une majorité des aidants (71,8%) sont soumis au stress. Cela confirme les résultats de Pinguet et Sørensen (2003) qui ont réalisé une méta-analyse comprenant 84 études, dans la plupart des cas le stress et la dépression sont plus fréquents chez les aidants que chez les non-aidants. De plus se rendre disponible pour un proche âgé et dépendant peut avoir des répercussions sur l'activité professionnelle de l'aidant ou sa vie personnelle (Fontaine, 2009). L'impact du statut d'aidant sur l'activité professionnelle semble dépendre du nombre d'heure d'aide par semaine (Carmichael et Charles, 1998) même si les aménagements restent légers. En effet le travail peut être considéré comme un échappatoire et le sacrifice de temps reporté sur la vie personnelle comme les loisirs, les sorties ou les vacances (Le Bihan-Youinou et Martin, 2006). Cependant lorsque la dépendance devient trop grande (par exemple pour des cas de démence), la charge par week-end peut être supérieure à un travail à temps plein (Schulz *et al.*, 2003), ainsi le recours à l'aide formelle (par des professionnels) devient nécessaire.

Il y a deux types de prise en charge pour le long terme des personnes âgées : (i) le maintien à domicile ou (ii) le placement en structure résidentielle. Dans le premier cas, la personne âgée reste à son domicile (avec des aménagements matériels si nécessaire) en recevant une aide à domicile (portage de repas ou ménages) ou des soins médicaux (intervention de personnel infirmier). Dans le cas des structures résidentielles, la structure devient le nouvel habitat de la personne âgée. Les résidences assurent alors l'aide à la personne et les soins suivant le niveau de médicalisation de la structure. Le choix d'un maintien à domicile ou d'entrer en institution est critique car il peut avoir de fortes répercussions sur l'évolution de l'état de santé de la personne âgée. Souvent le maintien à domicile est privilégié car il s'inscrit dans une démarche de conservation d'identité de la personne âgée, le domicile est également un lieu de repères (Balard et Somme, 2011). De plus une entrée en institution est souvent plus subie que choisie, ce qui peut entraîner des dépressions et une perte de l'envie de vivre (Briot, 2014). Cependant quand la situation de dépendance devient trop importante, il devient nécessaire dans la plupart des cas de rentrer en institution. On remarque que pour les GIR 3 et 4 (moyenne dépendance) le nombre de personnes âgées à domicile est plus important mais que le rapport s'inverse pour les GIR 1 et 2 (forte dépendance) (Bozio *et al.*, 2016). Ainsi il est important de développer les deux types de prise en charge pour pouvoir répondre aux besoins des personnes âgées tout au long de leur vie.

Le Bouler (2006) reprend un rapport effectué pour le cabinet du premier ministre français en 2006 qui insiste sur l'importance d'avoir une offre diversifiée (maintien à domicile et résidences) sur les territoires de soins. Outre le domaine de la santé publique, l'importance de cette diversité possède également pour l'état français des intérêts économiques. D'une part le maintien à domicile représente un important potentiel de création d'emplois, ainsi ce mode de prise en charge a été encouragé par le gouvernement quelque soit sa couleur politique (Ennuyer, 2007). D'autre part il est important d'avoir une offre résidentielle suffisante pour éviter que des situations inadaptées n'engendrent trop d'hospitalisations. En effet dans le cas où les personnes deviennent trop dépendantes, l'attente

d'entrée en institution peut être longue et se faire dans les cas les plus délicats à l'hôpital dans les services de médecine (Lang *et al.*, 2008). Ce phénomène, en plus d'être possiblement délétère pour la santé du patient (Tuetey *et al.*, 2015; Hirsch *et al.*, 1990), implique un coût financier de prise en charge ainsi qu'une perturbation de tout le système hospitalier. Le patient en attente de placement occupe une place dont pourrait bénéficier un autre patient ce qui impacte indirectement d'autres services comme par exemple les urgences. Les enjeux du bon dimensionnement d'un territoire de soins sont multiples. Ils concernent à la fois l'état de santé de la personne âgée (pathologies et dépendance), le maintien de son identité (estime de soi), la santé des proches (burnout des aidants) et la fluidité des dispositifs de soins (encombrement des services hospitaliers)

### 3.1.2 Contributions Scientifiques

Comme nous l'avons vu dans la section 1.4.2 la prédiction du besoin en soins de longue durée a été largement étudiée dans la littérature (Worrall et Chaussalet, 2015). Le modèle proposé par Cardoso *et al.* (2012) permet un dimensionnement d'un territoire de soins mais ne prend en compte qu'un seul type de structure par état de santé (institution ou maintien à domicile). Les principales contributions de ce chapitre par rapport à la littérature reposent sur la proposition d'un modèle de dimensionnement stratégique prenant en compte plusieurs types de structures d'hébergement de longue durée et reposant sur une évolution dynamique de l'état de santé de la population caractérisée par trois facteurs binaires principaux : la dépendance, la gravité de la pathologie, et l'isolement. De plus, nous proposons selon l'état dans lequel se trouve la personne âgée un classement des solutions d'hébergement avec un score associé.

## 3.2 Cadre de Modélisation

Dans cette section nous définissons les différents composants de notre cadre de modélisation comme par exemple les territoires de soins, les structures, les états ou encore les solutions de soins. Nous justifierons les différents choix de critères effectués avec des médecins gériatres.

### 3.2.1 Les territoires de santé

**Définition 1 (Territoire de santé)** *Un territoire de santé est une zone géographique qui délivre des soins aux personnes qui la compose. Un territoire peut être un pays, une région, un département ou une commune selon la grénulométrie de notre étude.*

**Définition 2 (Sous-territoire)** *Un sous-territoire est une sous-partie du territoire de santé. L'ensemble des sous-territoires composent le territoire.*

Par exemple si le territoire de santé considéré dans l'étude est un département comme la Loire, les sous territoires sont : le pays Roannais (Nord), les plaines du Forez (Centre) et la région Stéphanoise (Sud). Pour une grande ville comme Lyon les sous-territoires sont les arrondissements.

### 3.2.2 Les structures

**Définition 3 (Structure)** *Une structure est une entité qui délivre des soins (médicaux ou non), elle est caractérisée par sa catégorie (résidentielle ou non), son type (EHPAD, USLD, etc...), sa capacité et son territoire de soins.*

**Définition 4 (Catégorie de structure)** *La catégorie de structure définit si la structure est résidentielle (USLD, EHPAD) ou participe au maintien à domicile (SSIAD, SAAD). Dans le premier cas la capacité est d'une structure représente un nombre de places et pour les structures de maintien à domicile la capacité représente un volume horaire.*

**Définition 5 (Type de Structure)** *Un type de structure est la nature administrative de la structure. Toutes les structures d'un type obéissent aux mêmes règles avec le même type de personnels (exemple : infirmier(e)s, aides soignantes).*

Dans ce chapitre nous considérons plusieurs types de structures de longue durée, les caractéristiques de chacune sont les suivantes :

- **Les USLD (Unité de Soins de Longue Durée)** : Ces structures de la catégorie résidentielle sont les plus médicalisées possibles. Elles sont situées dans les hôpitaux et un service médical est présent 24h/24. Elles prennent en charge les personnes âgées avec les plus gros problèmes médicaux et de dépendance. L'USLD devient à de rares exceptions près le dernier lieu de vie de la personne âgée.
- **Les EHPAD (Établissements d'Hébergement des Personnes Agées Dépendantes)** : Ces structures de la catégorie résidentielle sont partiellement médicalisées. C'est à dire qu'un service médical est obligatoire pendant la journée mais pas pendant la nuit. Ce type de structure est réservé aux personnes âgées fortement dépendantes avec des problèmes médicaux importants. Comme pour les USLD ce type de structure est généralement le dernier lieu de vie de la personne âgée.
- **Les Résidences Autonomies (RA)** : Ces structures de la catégorie résidentielle (anciennement Foyers Logement) sont des structures non médicalisées. Elles proposent néanmoins un appartement adapté aux personnes âgées et des services à la carte (par exemple la restauration ou le ménage) dans le but d'accompagner la perte d'autonomie. Bien que non médicalisé, ce type de structure peut être couplé à des aides à domicile suivant le besoin de la personne âgée.
- **Les SAAD (Services d'Aide A Domicile)** : Ces structures de maintien à domicile délivrent des aides pour compenser la perte d'autonomie. Ces aides peuvent varier selon leur nature (ménage, aide pour les courses portage de repas) et sur leur fréquence (hebdomadaire, quotidiennes, plusieurs fois dans la journée). Toutefois ces structures sont limitées par la loi concernant certaines tâches comme la toilette qui est réservée au personnel médical.
- **Les Infirmier(e)s libéraux(les)** : Cette structure de maintien à domicile est particulière car elle représente l'ensemble des infirmier(e)s libéraux(ales) (aussi appelé(e)s IDE pour Infirmier(e)s Diplômé(e)s d'État) présent(e)s sur un territoire de soins. Ces personnels médicaux délivrent des soins techniques qui vont du pansement complexe à la piqure. Le but est de prendre en charge les maladies chroniques des personnes âgées et leur fréquence dépend de l'état pathologique de l'individu.

- **Les SSIAD (Services de Soins Infirmiers A Domicile)** : Ces structures de maintien à domicile délivrent des soins médicaux techniques comme les infirmier(e)s libéraux. Cependant leur particularité est de prendre en charge la coordination des soins. C'est à dire les soins comme la toilette qui sont induis par la dépendance mais trop médicaux pour des SAAD et non pris en charge par les infirmier(e)s libéraux(les).

Ces différents types de structures ont donc chacun leurs particularités et ont pour but de composer des prises en charge adaptées à chaque personne âgée dépendante. Le résumé de leurs caractéristiques est présenté dans le tableau 3.1 :

TABLE 3.1 – Les caractéristiques des types de structures de soins de longues durées

Type de structure	Catégorie de structure	Médicalisée	Capacité
USLD	Résidentielle	Oui	Places
EHPAD	Résidentielle	Partiellement	Places
RA	Résidentielle/Maintien à domicile	Non	Places
SAAD	Maintien à domicile	Non	Volume horaire
IDE	Maintien à domicile	Oui	Volume horaire
SSIAD	Maintien à domicile	Oui	Volume horaire

### 3.2.3 Les Etats

**Définition 6 (Les Etats)** *Les Etats sont définis comme la situation dans lequel est la personne âgée à un instant tsuivant différents critères. Formellement un état est un triplet  $E = (p, d, i)$  avec  $p, d, i \in \{0, 1\}$  décrivant respectivement un état pathologique faible/fort, une dépendance faible/forte, et l'isolement.*

Comme précisé par la définition ci-dessus, un état représente la situation dans laquelle se trouve une personne âgée. La littérature explore de nombreux critères différents pour établir ces états, l'un des plus répandu étant basé sur les ADL et/ou les iADL. Dans cette études, la liste des critères a été établie avec des médecins gériatres du CHU de Saint-Etienne. Le but étant de limiter le modèle avec un nombre restreint de critères (et donc d'états différents) et que ces critères puissent être disponibles dans la base de donnée de référence en France : le PMSI. Pour plus de simplicité ces critères sont binaires. Les critères retenus avec leur signification dans le PMSI sont les suivants :

- **L'état pathologique des Personnes Agées** : L'état pathologique représente le nombre et la gravité de maladies chroniques dont souffre la personne âgée. Ce critère définira le besoin en prestation médicales pour chaque individu. Ce critère est égale à 1 si l'état pathologique de la personne âgée est grave ou moyennement grave et 0 s'il est faiblement grave ou inexistant. Dans le PMSI, l'expression de cette gravité se trouve dans les GHM (Groupes Homogènes de Maladies). Un GHM (par exemple 10C112) est composé de 3 parties. La première partie (10) concerne

la famille de maladie, la deuxième partie la pathologie précise du patient (C11) et enfin la troisième partie (2) est la gravité notée de 1 à 4. Si les deux premières parties concernent le problème aigu du patient, la troisième intègre dans la gravité de l'hospitalisation l'impact des maladies chroniques. Ainsi les GHM finissants par 1 et 2 indiquent une faible gravité et ceux finissants par 3 et 4 une gravité modérée ou lourde. Nous ne prenons pas en compte des indices de comorbidité comme le test de Charlson car il est difficile à obtenir dans les bases de données à disposition et il ne prend pas en compte la sévérité des maladies.

- **La dépendance** : Ce critère permet d'évaluer le niveau de dépendance, c'est à dire la proportion de besoin en aides pour une personne âgée pour effectuer les tâches du quotidien. Une dépendance faible ou modérée est alors égale à 0 et une forte dépendance égale à 1. Dans le PMSI la mesure de cette dépendance est éclatée en plusieurs indicateurs qui ne sont pas les mêmes et non comparables selon la base étudiée. Cependant le PMSI comprend des Diagnostics Associés qui permettent d'indiquer des problèmes indépendants de l'hospitalisation. Ces diagnostics (dont le codage commence par "Z") sont donc une indication intéressante pour évaluer certaines complications. Dans le cas de la dépendance la famille de diagnostics associés "Z74" concerne les "Difficultés liées à une dépendance envers la personne qui donne les soins" et est divisée en plusieurs difficultés du quotidien telles que "Besoin d'assistance et de soins d'hygiène" (code "Z741"). Nous considérons comme dépendance forte une personne qui a un ou plusieurs codes "Z74" dans son diagnostic.
- **L'isolement Social** : De la même manière que pour l'évaluation de la dépendance, nous proposons d'utiliser les diagnostics associés pour déterminer l'isolement social d'une personne âgée. Ainsi la famille de diagnostics associés "Z60" concerne les "Difficultés liées à l'environnement social" dont le code "Z602" précisant des "Difficultés liées à la solitude" ou "Z6020" indiquant une "Personne vivant seule à son domicile". Ainsi si ces codes sont renseignés, ce critère est égale à 1, 0 sinon.

Les différents états de notre modèle sont l'ensemble de combinaisons possible de ces 3 critères. Par exemple l'état 1 (avec tous les critères à 0) correspond à la situation où la personne âgée n'est pas isolée, peu dépendante et sans grosses complications pathologiques. La table 3.2 liste ces différents états.

### 3.2.4 Le graphe d'états

Dans la section précédente, il a été présenté la signification des états ainsi que les critères retenus pour les composer. Dans notre modèle, l'état des personnes âgées est susceptible d'évoluer avec le temps. Les possibilités d'évolution sont modélisées dans un graphe d'états illustré par la figure 3.1.

Le graphe d'états est composé de deux ensembles d'états : un premier avec les états 1,2,3 et 4 et un second avec les états 5,6,7 et 8. Ces deux ensembles sont similaires à l'exception que le premier concerne les personnes âgées non isolées socialement tandis que les seconds concernent les personnes âgées ayant ce problème d'isolement social. Les transitions rouges représentent le passage d'un état où la personne âgée n'est pas socialement isolée à un état où elle l'est. Cette étape est souvent associée à un décès du conjoint mais cela peut également être un départ d'un proche (famille ou ami) qui assurait le rôle

TABLE 3.2 – Liste des différents états

Etat	Etat pathologique	Dépendance	Environnement social
1	0	0	0
2	0	1	0
3	1	0	0
4	1	1	0
5	0	0	1
6	0	1	1
7	1	0	1
8	1	1	1
9	Décès		

d'aidant. Les transitions en noir représentent les déclin possible en restant dans le même environnement social. Une autre particularité est qu'il est impossible de retourner vers un état de santé meilleur que celui actuel. Il est assumé qu'une fois un état de dépendance ou pathologique est atteint, le phénomène est irréversible. Ainsi l'état 9 qui représente le décès est un état puit absorbant que tous les individus finissent par atteindre.

### 3.2.5 Les solutions

**Définition 7 (Les Solutions)** *Une solution est la combinaison d'un ou plusieurs type de structure avec une certaine charge de soins (suivant le type de structure) dans le but de répondre au besoin d'une personne âgée dans un certain état. Formellement, une solution est un quadruplet  $S = (o, s1, s2, h)$  avec  $o \in N$  l'indice de classement de la solution,  $s1, s2$  les types de structures à mobiliser, et  $h \in 0, 1$  un booléen décrivant le risque d'hospitalisation (faible ou fort).*

Pour chaque état de notre modèle, il est considéré une ou plusieurs solutions possibles pour la personne âgée. Les solutions comme précisé dans la définition précédente sont une combinaison de soins délivrés par un ou plusieurs types de structures. Par exemple une solution peut-être un couplage de SAAD et de SSIAD dans le but d'assurer un maintien à domicile d'une personne âgée. Pour chaque état plusieurs solutions sont envisageables et peuvent être classées. Si dans un état donnée la meilleure solution est une structure résidentielle de type EHPAD, il est néanmoins possible de composer une solution de maintien à domicile avec des charges de soins ou de services plus conséquents. Cependant cette solution sera jugée comme moins appropriée et aura diverses conséquences comme de plus grandes chances de déclin et de plus fortes chances d'avoir à subir des hospitalisations. Certaines solutions peuvent même combiner des types de structures résidentielles et de maintien à domicile. Par exemple, une personne en résidence autonomie peut utiliser les services d'un(e) infirmier(e) libéral(e) pour éviter le placement dans un EHPAD. Pour chaque état, il a été déterminé avec l'aide de médecins gériatres la liste des différentes solutions admissibles.



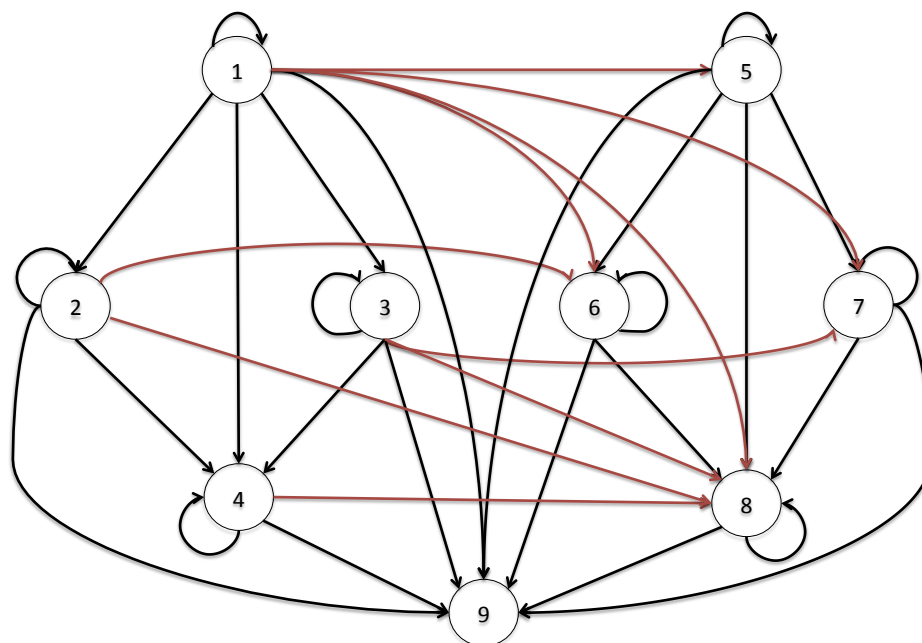


FIGURE 3.1 – Graphe d'états

**Etat 1 :** (Gravité pathologique faible, dépendance faible et non isolée socialement)

*Cas typique :* Personne âgée atteinte de diabète

Ce cas est le plus simple de notre modèle car tous les critères sont à 0. Ainsi même si la personne âgée commence à avoir de petits problèmes de dépendance, elle n'est pas isolée socialement et peut bénéficier de l'aide de son entourage proche. Il est néanmoins nécessaire d'avoir des interventions médicales à faible fréquence afin de prendre en charge le début des problèmes induits par les maladies chroniques. Par exemple des piqûres, des prises de sang ou encore des pansements.

TABLE 3.3 – Liste Solutions Etat1

Ordre de préférence	Type Struct 1	Type Struct 2	Risque d'hospitalisation
1	IDE (faible fréquence)	-	Faible

**Etat 2 :** (Gravité pathologique faible, dépendance forte et non isolée socialement)

*Cas typique :* Personne âgée avec Gonarthrose ou Coxarthrose handicapante

Dans ce cas la dépendance de la personne âgée est forte et même si elle n'est pas socialement isolée (conjoint(e) ou famille proche), l'aide à cette dépendance doit être professionnalisée. La charge d'une personne étant importante pour l'entourage, il est préférable d'avoir recours à de l'aide à domicile (SAAD) pour certaines tâches (comme le ménage par exemple). De plus, les soins médicaux doivent être assurés par une structure de SSIAD car les types de soins incluent des soins liés à la dépendance comme la toilette. Une autre solution est possible dans cet état, elle consiste à rejoindre une Résidence Autonomie complétée par des soins de SSIAD. Cependant comme la personne âgée n'est pas isolée socialement, il est préférable de la maintenir à domicile afin d'éviter un changement d'environnement.

TABLE 3.4 – Liste Solutions Etat2

Ordre de préférence	Type Struct 1	Type Struct 2	Risque d'hospitalisation
1	SAAD (faible fréquence)	SSIAD (faible fréquence)	Faible
2	RA	SSIAD (faible fréquence)	Faible

### Etat 3 : (Gravité pathologique forte, dépendance faible et non isolée socialement)

*Cas typiques : cancer avec métastases, infarctus chronique*

Ce cas ressemble à l'état 1 car il nécessite la même solution mais avec une fréquence de soins plus importante. En effet la situation ne requiert pas d'aides à domicile (SSIAD) car la personne âgée n'est pas dépendante et elle n'est pas isolée socialement. Elle pourra donc assurer les tâches du quotidien seule et se faire aider par l'entourage en cas de besoin. Cependant, au contraire de l'état 1, la charge de soins médicaux est forte compte tenu de l'état pathologique de la personne âgée.

TABLE 3.5 – Liste Solutions Etat3

Ordre de préférence	Type Struct 1	Type Struct 2	Risque d'hospitalisation
1	IDE (forte fréquence)	-	Faible

### Etat 4 : (Gravité pathologique forte, dépendance forte et non isolée socialement)

*Cas typique : Maladie d'Alzheimer avec troubles du comportement*

Dans ce cas, même si la personne âgée n'est pas isolée socialement, rester à domicile devient trop compliqué. L'état pathologique exige une surveillance accrue et la dépendance oblige à avoir une aide professionnelle constante. Dans le cas contraire la situation peut devenir extrêmement contraignante pour les aidants et peut entraîner leur déclin fonctionnel. Ainsi la meilleure des solutions est de rejoindre une structure de type résidentielle telle qu'une USLD ou un EHPAD. Si ce placement est impossible (manque de places, manque de finances etc...), il peut être envisagé de maintenir la personne âgée à domicile avec de très fortes aides (SSIAD et SAAD). Cependant, cette solution entraînera de fréquentes hospitalisations.

TABLE 3.6 – Liste Solutions Etat4

Ordre de préférence	Type Struct 1	Type Struct 2	Risque d'hospitalisation
1	USLD	-	Faible
2	EHPAD	-	Faible
3	SAAD (forte fréquence)	SSIAD (forte fréquence)	Fort

#### Etat 5 : (Gravité pathologique faible, dépendance faible et isolée socialement)

*Cas typique : veuf/veuve avec déficience visuelle (DMLA) ou sourd*

Dans cet état la personne âgée est isolée socialement et vit seule. Ainsi même avec une dépendance et une gravité pathologique faible, elle peut rencontrer des difficultés avec les tâches du quotidien. Dans cette situation la résidence Autonomie avec un passage d'IDE est une bonne solution car elle permet d'aider la personne si elle est seule via les services proposés dans la résidence. Une seconde solution est de rester à domicile avec le passage d'un(e) IDE et de SAAD. Elle est cependant moins adaptée à une personne âgée isolée.

TABLE 3.7 – Liste Solutions Etat5

Ordre de préférence	Type Struct 1	Type Struct 2	Risque d'hospitalisation
2	RA	IDE (faible fréquence)	Faible
1	SAAD (faible fréquence)	IDE (faible fréquence)	Faible

#### Etat 6 : (Gravité pathologique faible, dépendance forte et isolée socialement)

*Cas typique : veuf/veuve, dépressif, Alzheimer Modéré*

Comme dans l'état précédent, le meilleure solution est de placer le personne âgée dans une Résidence Autonomie couplée avec des soins médicaux. Cependant comme dans ce cas la dépendance est plus forte il faudra faire appelle à un SSIAD. La solution de substitution la plus pertinente est l'entrée en EHPAD car elle permettra de prendre en charge la forte dépendance de la personne âgée. Une troisième solution possible est le maintien à domicile avec l'utilisation de SAAD et de SSIAD. Cependant cette solution, risque d'engendrer un nombre important d'hospitalisations.

TABLE 3.8 – Liste Solutions Etat6

Ordre de préférence	Type Struct 1	Type Struct 2	Risque d'hospitalisation
1	RA	SSIAD	Faible
2	EHPAD	-	Faible
3	SAAD (forte fréquence)	SSIAD (faible fréquence)	Fort

### Etat 7 : (Gravité pathologique forte, dépendance faible et isolée socialement)

*Cas typique : Veuf/veuve avec cancer et métastases*

Dans ce cas la meilleure solution est encore la résidence autonomie avec un passage d'un(e) IDE. Tout comme dans l'état 5 il est possible de maintenir à domicile la personne âgée avec des services délivrés par des SAAD.

TABLE 3.9 – Liste Solutions Etat7

Odre de préférence	Type Struct 1	Type Struct 2	Commentaires
1	RA	IDE (forte fréquence)	-
2	SAAD (faible fréquence)	IDE (forte fréquence)	-

### Etat 8 : (Gravité pathologique forte, dépendance forte et isolée socialement)

*Cas typique : Veuf/veuve Maladie d'Alzheimer avec troubles du comportement*

La situation dans cette état est la même que pour l'état 4, à la différence que la solution de maintien à domicile est encore pire que dans l'état 4 car la personne âgée ne pourra pas recevoir d'aide informelle. Elle sera donc hospitalisée la plupart du temps.

TABLE 3.10 – Liste Solutions Etat8

Ordre de préférence	Type Struct 1	Type Struct 2	Risque d'hospitalisation
1	USLD	-	Faible
2	EHPAD	-	Faible
3	RA	SSIAD (forte fréquence)	Fort
4	SAAD (forte fréquence)	SSIAD (forte fréquence)	Fort

### 3.3 Modèle de Simulation

Dans la section 3.2 il a été présenté le cadre de modélisation permettant de construire un modèle représentatif d'une population de personnes âgées sur un territoire.. Dans cette section nous développons le principe général du modèle de simulation, sa formulation ainsi que le fonctionnement détaillé.

#### 3.3.1 Principe général du modèle

Le but du modèle de simulation est de dimensionner un territoire de soins en terme de structures de soins de longue durée. Nous utilisons le cadre de modélisation de la section précédente (territoire de soins, types de structures, graphe d'états, solutions) dans un modèle de simulation à temps discret. Le pas de temps peut varier selon les besoins de l'utilisateur (1 semaine, 1 mois ou 6 mois). A chaque pas de temps les états des personnes âgées évoluent, ils peuvent rester dans le même état ou décliner vers un état plus critique. Après cette étape les personnes âgées sont admises dans les différentes structures selon les solutions admissibles pour chaque état de santé et la disponibilité dans ces structures. La probabilité de déclin est influencée par l'âge de la personne âgée ainsi que de la structure dans laquelle cette dernière est placée. A la fin de la simulation une analyse de performance est effectuée pour pouvoir mesurer l'efficacité du paramétrage du cadre de modélisation selon divers indicateurs (comme l'occupation des structures ou la durée de vie dans chaque état. La figure 3.2 résume le fonctionnement global du modèle de simulation.

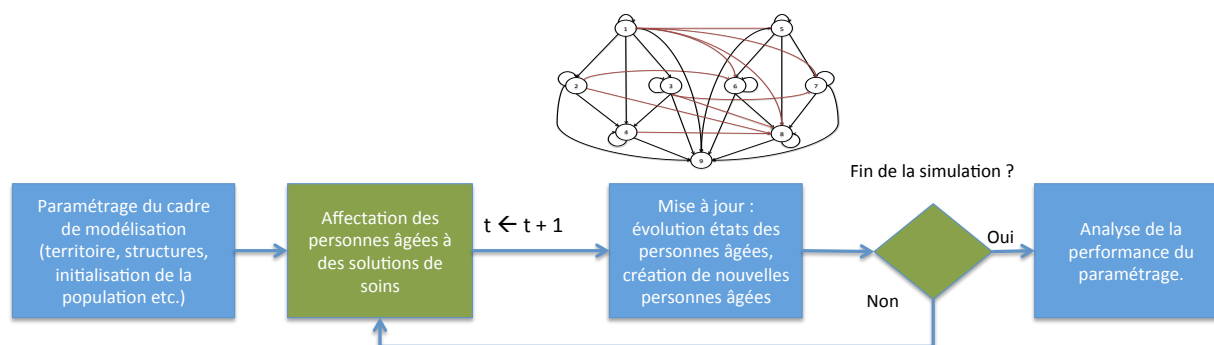


FIGURE 3.2 – Principe général du modèle

### 3.3.2 Paramètres du modèle

#### Ensembles :

- $I$  : ensemble des personnes âgées indexées par  $i \in \{1 \dots i \dots |I|\}$
- $A$  : ensemble des sous-territoires qui composent le territoire étudié indexés par  $a \in \{1 \dots a \dots |A|\}$
- $T$  : ensemble des périodes de la simulation indexées par  $t \in \{1 \dots t \dots |T|\}$
- $B$  : ensemble des types de structures indexées par  $b \in \{1 \dots b \dots |B|\}$
- $E$  : ensemble des états indexés par  $e \in \{1 \dots e \dots |E|\}$
- $F$  : ensemble des solutions indexées par  $f \in \{1 \dots f \dots |F|\}$
- $Y$  : ensemble des solutions générales indexées par  $y \in \{1 \dots y \dots |Y|\}$
- $S$  : ensemble des structures indexées par  $s \in \{1 \dots s \dots |S|\}$

#### Paramètres liés aux Structures :

- $C_s$  : capacité de la structure  $s$
- $OCC_{st}$  : occupation de la structure  $s$  à la période  $t$
- $TY_s$  : type de la structure  $s$
- $CAT_s$  : catégorie de la structure  $s$ . Ce paramètre est égal à 0 si la structure est résidentielle ou 1 pour le maintien à domicile.
- $O_s$  : Coût de la structure  $s$ . Ce paramètre est égal à 1 si la structure requiert des moyens importants, 0 sinon.
- $STS_s$  : Sous-territoire de la structure  $s$

#### Paramètres liés aux Solutions :

- $NBS_y$  : nombre de structures dans la solution  $y$ .
- $S1G_y$  : type de structure 1 de la solution générale  $y$  dans l'état  $e$
- $CH1G_y$  : charge nécessaire de la structure 1 de la solution générale  $y$
- $S2G_y$  : type de structure 2 de la solution  $y$ , si il n'y a pas de deuxième structure,  $S2G_f = 0$
- $CH2G_y$  : charge nécessaire de la structure 2 de la solution  $y$
- $HG_y$  : taux d'hospitalisation induis par le choix de la solution  $y$
- $SCG_y$  : score théorique de la solution  $y$ . Ce score est compris entre 0 et 1 où 1 est le meilleur score.
- $ESG_f$  : état dans lequel la solution  $y$  est valide.
- $S1_f$  : structure 1 de la solution  $f$  dans l'état  $e$
- $CH1_f$  : charge nécessaire de la structure 1 de la solution  $f$  dans l'état  $e$
- $S2_f$  : structure 2 de la solution  $f$  dans l'état  $e$ , si il n'y a pas de deuxième structure,  $S2_f = 0$
- $CH2_f$  : charge nécessaire de la structure 2 de la solution  $f$  dans l'état  $e$
- $H_f$  : taux d'hospitalisation induis par le choix de la solution  $f$  à l'état  $e$
- $SCT_f$  : score théorique de la solution  $f$  pour l'état  $e$ . Ce score est compris entre 0 et 1 où 1 est le meilleur score.
- $ES_f$  : état dans lequel la solution  $f$  est valide.
- $H0_e$  : taux d'hospitalisation de la solution 0 (pas de solution) dans l'état  $e$
- $SNE_e$  : Score pour une solution non existante dans un état  $e$

- $HNE_e$  : taux d'hospitalisation supplémentaire pour une solution non existante dans l'état  $e$
- $HNC_f$  : taux d'hospitalisation supplémentaire pour la solution  $f$  non complète (solution  $f$  où il manque une structure ou qui n'a pas la charge nécessaire)
- $PNC_f$  : pénalité de la solution  $f$  non complète

### Paramètres liés aux Personnes Agées :

- $D_i$  : âge de la personne âgée  $i$
- $R_i$  : moyens financiers de la personne âgée  $i$ . Ce paramètre est égal à 1 si elle a des ressources importantes, 0 sinon.
- $M_i$  : mobilité de la personne âgée  $i$ . Ce paramètre est égal à 1 si la personne est très mobile (elle peut facilement changer de sous-territoire), 2 si elle l'est moyennement (risque de rencontrer un isolement) et 3 s'il ne l'est pas (va être en situation d'isolement).
- $ET_i$  : état de la personne âgée  $i$
- $ST_i$  : sous-territoire d'origine de la personne âgée  $i$
- $SP_{it}$  : solution de la personne âgée  $i$  à la période  $t$ , si la personne âgée n'a pas de solution alors ce paramètre est égal à 0.
- $SCS_{it}$  : score de la solution de la personne âgée  $i$  à la période  $t$ , si la personne âgée n'a pas de solution alors ce paramètre est égal à 0.
- $SCD_{fi}$  : score définitif de la solution  $f$  pour la personne âgée  $i$ . Ce score est compris entre 0 et 1 où 1 est le meilleur score. Un score égal ou inférieur à zéro rend la solution non admissible.
- $PC_i$  : non possibilité de changer de solution pour le patient  $i$ . Ce paramètre est égal à 1 si la personne âgée ne peut pas changer de solution, 0 sinon.
- $HP_{it}$  : taux d'hospitalisation de la personne âgée  $i$  à la période  $t$
- $NC_{it}$  : 1 si la solution de la personne âgée  $i$  est non complète à la période  $t$

### Autres Paramètres

- $DIST_{aa'}$  : distance entre le sous-territoire  $a$  et le sous-territoire  $a'$ .
- $P_{DIST_{aa'}M_i}$  pénalité liée à la mobilité de la personne âgée et la distance entre deux sous-territoires. Cette pénalité est comprise entre 0 et 1.

### 3.3.3 La création des solutions

Dans cette section il va être expliqué comment sont créées les différentes solutions possibles dans un territoire donné  $a$  en fonction des structures qui le compose. Dans le modèle nous considérons 3 niveaux pour classifier les solutions :

- **Les solutions générales** : ce sont les solutions présentées dans la section 3.2.5. Elle représentent l'avis médical qui ne prend pas en compte les contraintes du territoire mais seulement la quelles seraient les solutions les mieux adaptée pour une personne âgée  $i$  dans un état  $e$ .
- **Les solutions existantes** : ce sont les solutions qui prennent en compte des paramètres liés au territoire comme par exemple les structures présentes dans chaque sous territoire. Elles représentent l'offre de soins du territoire mais ne prennent

pas en compte la spécificité de chaque personne âgée. La pertinence d'une solution peut varier selon la mobilité et les moyens financiers dont dispose l'individu.

- **Les solutions admissibles** : ce sont les solutions qui sont possibles pour une personne âgée  $i$ . Dans ce cas il sera pris en compte la possibilité de rejoindre telle ou telle structure en fonction des finances et de l'impact sur l'environnement social. Dans le modèle, le niveau de solution est généré lors de la création de la personne âgée qui sera détaillée dans la section 3.3.4.

Les solutions générales sont données par l'avis des spécialistes gériatriques et sont transposable dans tous les territoires de soins de France. Cependant si on se base au niveau d'un territoire de soins bien précis, il faut prendre en compte toutes les structures pouvant être composantes de ces structures générales. Par exemple si une solution générale est un placement en EHPAD et qu'un territoire en compte 10 alors 10 solutions existantes son générées à partir de cette solution. Cependant certaines combinaisons de structures ne sont pas possible car certaines doivent être coordonnées en fonction d'un sous-territoire. Par exemple une solution générale sollicitant une structure de SAAD et une structure de SSIAD exige que les deux structures exercent dans le même sous-territoire. L'algorithme 2 présente la manière de construire toutes les solutions existantes.

---

**Algorithm 2** Déterminer les solutions existantes
 

---

```

1:  $f = 0$ 
2: for all  $y$  do
3:   if  $NBS_y = 1$  then
4:     for all  $s$  do
5:       if  $TY_s = S1G_y$  then
6:          $f \leftarrow f + 1$ 
7:          $S1_f \leftarrow s, H_f \leftarrow HG_y, SCT_f \leftarrow SCG_y, CH1_f \leftarrow CH1G_y$ 
8:       else
9:         for all  $s$  do
10:          for all  $x \in S$  do
11:            if  $TY_s = S1G_y$  and  $TY_x = S2G_y$  and  $STS_s = STS_x$  then
12:               $f \leftarrow f + 1$ 
13:               $S1_f \leftarrow s, S2_f \leftarrow x, H_f \leftarrow HG_y, SCT_f \leftarrow SCG_y, CH1_f \leftarrow CH1G_y, CH2_f \leftarrow CH2G_y$ 
14:            end if
15:          end for
16:        end for
17:      end if
18:    end for
19:  end if
20: end for

```

---

Pour chaque solution générale, nous générons toutes les déclinaisons possibles avec les structures présentes sur le territoire. Il existe deux cas de figures : la solution possède une ou deux structures. Dans le premier cas (ligne 3) on vérifie pour chaque structure si le type de structure de la solution générale est le type de structure de la structure  $s$  (ligne 5). Si tel est le cas alors une nouvelle solution est ajoutée (ligne 6) et les paramètres de la nouvelle solution sont initialisées avec ceux de la solution générale (ligne 7) avec la



structure  $s$  comme structure de la solution ( $S1_f$ ). Dans le cas où il y a deux structures, les structures doivent également correspondre aux types de structures de la solutions générale mais aussi les sous-territoires doivent être les mêmes pour les deux structures. En effet une personne âgée est domicilié dans un seul sous-territoire et donc ne peut recevoir des soins que dans celui-ci. Si toutes ces conditions sont réunies (ligne 11) alors on ajoute une nouvelle solution (ligne 12) à laquelle on affecte les paramètres de la solution générale (ligne 13).

### 3.3.4 La création des personnes âgées

Les personnes âgées sont générées à chaque période avec des paramètres qui lui sont propres comme l'âge ( $D_i$ ), son sous-territoire d'origine ( $ST_i$ ) ou encore son état de santé ( $ET_i$ ). Un autre paramètre important est les moyens financier de la personne âgée ( $R_i$ ). Si elle ne possède pas de ressources assez importantes, elle ne pourra pas avoir accès à toutes les structures présentes sur le territoire. De même le score définitif de la solution  $SCD_{fi}$  pour une personne âgée  $i$  n'est pas forcément le score théorique de la solution ( $SCT_{fe}$ ). Le score est recalculé pour tenir compte de l'éloignement du sous territoire d'origine de la personne âgée et la mobilité de cette dernière. Si une personne est très mobile car elle n'a plus d'attache dans un sous-territoire ou que son entourage peut se déplacer facilement, alors se déplacer dans un sous-territoire éloigné ne sera pas un problème. De la même manière une personne âgée avec un cercle d'amis lui aussi vieillissant sera vite isolé si il va dans un sous-territoire trop éloigné. Ce changement de score permet de tenir compte de la personne âgée de manière individuelle. Selon les cas, un maintien à domicile sera préférée si l'environnement proposé par une structure résidentielle n'est pas adaptée. On calcule le score définitif à l'aide de la formule 3.1 où l'on soustrait la pénalité au score théorique :

$$SCD_{fi} = SCT_f - P_{DIST_{ST_i, ST_{S_s}} M_i} \quad (3.1)$$

Le calcul de pénalité et la faisabilité de la solution sont calculés par l'algorithme 3 qui est utilisé à la création chaque personne âgée afin de lui faire une liste de solutions personnalisée. Dans un premier temps on vérifie si la solution est de type résidentielle et si la personne âgée peut financièrement avoir accès à la structure proposée (ligne 2). On ne prend en compte que la première structure car par convention nous avons choisi de placer dans tous les cas la structure résidentielle en première structure ( $S1_f$ ). Si  $O_{S1_f} \leq R_i$  alors peut être admis dans cette structure. Ainsi une pénalité peut être déduite en prenant en compte le territoire d'origine de la personne âgée ( $ST_i$ ), le territoire de la structure 1 de la solution ( $S1_f$ ) et la mobilité de la personne âgée (ligne 3). Pour calculer le score définitif, on utilise l'équation 3.1. Dans le cas où la personne âgée  $i$  n'a pas les moyens financiers pour payer la structure proposée, le score définitif de la solution est égal à 0, ce qui rend non admissible cette solution. Nous ne faisons pas ce test pour les structures de maintien à domicile ( $CAT_{S1_f} = 1$ ) car une structure de soins à domicile est considérée comme non onéreuse donc adapté à tous les budgets. Cependant pour ce type de structures il est nécessaire de regarder si le sous-territoire de la structure est celui de la personne âgée (ligne 6). Si ce n'est pas le cas la solution est considérée comme non admissible et son score définitif est de 0 (ligne 7). Pour toutes les autres situations les scores définitifs sont les scores théoriques (ligne 9). Enfin les solutions avec les nouveaux scores sont triées par ordre décroissants de scores définitifs.

---

**Algorithm 3** Déterminer la pénalité et la validité d'une solution pour une personne âgée

---

```

1: for all f do
2:   if  $CAT_{S1_f} = 0$  and  $O_{S1_f} \leq R_i$  then
3:      $SCD_{fi} \leftarrow SCT_f - P_{DIST_{ST_iSTS_sM_i}}$ 
4:   else if  $CAT_{S1_f} = 0$  and  $O_{S1_f} > R_i$  then
5:      $SCD_{fi} \leftarrow 0$ 
6:   else if  $CAT_{S1_f} = 1$  and  $ST_i \neq STS_{S1_f}$  then
7:      $SCD_{fi} \leftarrow 0$ 
8:   else
9:      $SCD_{fi} \leftarrow SCT_f$ 
10:  end if
11:  Tri des solutions en fonction du score.
12: end for

```

---

### 3.3.5 Règle de pilotage de l'admission dans les structures

A chaque période  $t$  de la simulation, les personnes âgées sont affectées aux différentes structures de soins comme présenté dans la section 3.3.1. L'admission dans les structures suit plusieurs hypothèses qui vont être présentées dans cette section.

**Hypothèse 1 (Gestion en FIFO)** *La gestion de l'ordre de préférence entre les personnes âgées est FIFO (First In First Out). Cette règle signifie que l'on prend en charge les personnes âgées selon leur ordre d'arrivée sans prendre en compte d'autres paramètres.*

Dans la réalité, les structures de soins vont prioriser certaines personnes âgées en fonction de plusieurs paramètres tels que le temps d'attente ou la situation d'urgence. Ce modèle doit permettre l'étude de populations importantes (par exemple un département), ainsi nous faisons l'hypothèse que ces paramètres ne sont pas significatifs. La demande est donc traitée selon l'ordre d'arrivée (i.e. date de création des personnes âgées).

**Hypothèse 2 (Obligation d'amélioration de la solution)** *Si une personne âgée change de solution elle doit le faire pour solution qui possède un score strictement supérieur au score de sa solution actuelle.*

Cette hypothèse évite que les personnes âgées optent pour une solution moins intéressante pour elle ou alors une solution au score similaire. Ainsi chaque changement de solution doit être synonyme d'une réelle amélioration pour la personne âgée. Cette hypothèse peut être modélisée par la formule 3.2 où le score définitif de la solution actuelle ( $SCD_{SP_{it}}$ ) pour la personne âgée  $i$  doit être strictement supérieur à celle de la solution  $f$  ( $SCD_{fi}$ ).

$$SCD_{fi} > SCD_{SP_{it}} \quad (3.2)$$

**Hypothèse 3 (Placement définitif en structure résidentielle)** *Si une personne âgée est placée dans une structure résidentielle médicalisée alors elle ne peut pas aller dans une nouvelle structure pour éviter les changements trop fréquents.*

Cette hypothèse a pour but d'éviter les changements de structures trop fréquents et irréalistes. En effet il n'est pas souhaitable qu'une personne âgée puisse changer de structure résidentielle même mieux notée car le changement d'environnement est un facteur aggravant chez le sujet âgé. Ce cas de figure est possible dans le cas où la personne âgée est placée dans une structure dans un sous-territoire non adapté et donc une solution fortement pénalisée. Pour contraindre le modèle en ce sens nous utilisons le paramètre  $PC_i$  qui est égal à 1 si la personne âgée ne peut plus changer de solution.

**Cas particulier :** La structure résidentielle de type Résidence Autonomie est une structure non médicalisée. Certaines solutions permettent le couplage de ce type de structures avec des services de maintien à domicile tels que les Infirmières libérales et les SSIAD. Cependant lorsque l'état de la personne âgée se dégrade trop alors une structure plus médicalisée est théoriquement nécessaire.

**Hypothèse 4 (Impossible de retourner à domicile)** *Si une personne âgée est placée dans une structure résidentielle elle ne peut pas retourner à domicile.*

Dans le cas où une personne a été placée dans une nouvelle structure résidentielle, il est impossible de retourner dans son domicile précédent car bien souvent cet hébergement n'a pas été conservé par la famille. Un cas rare peut-être observé si le ou la conjoint(e) est resté(e) dans le même hébergement et que l'acclimatation dans la nouvelle résidence est délicate. Comme cette situation est marginale à chaque fois qu'une personne âgée change de catégorie de structure (de maintien à domicile à résidentielle), les solutions de catégorie maintien à domicile sont classées comme non admissibles. L'algorithme 4 décrit la méthode de mise à jour. Pour toutes les périodes de la simulation  $t$ , si la catégorie de la structure à la période  $t$  vaut 0 (maintien à domicile) et la catégorie de structure à  $t - 1$  vaut 1 (structure résidentielle) (ligne 2) alors le score définitif de la solution est égal à 0 (ligne 3). Ensuite les solutions sont triées de manière décroissante en fonction de leurs scores.

---

**Algorithm 4** Mettre à jour les scores de solutions pour respecter l'hypothèse 4

---

```

1: for all  $t$  do
2:   if  $CAT_{SP_{it}} = 0$  and  $CAT_{SP_{it-1}} = 1$  then
3:      $SCD_{SP_{it}i} \leftarrow 0$ 
4:   end if
5:   Tri des solutions en fonction du score.
6: end for

```

---

Ces hypothèses nous permettent de délimiter les possibilités de placement des personnes âgées de manière réaliste, cependant il y a des différences selon la situation actuelle. Par exemple il y a des différences si la personne âgée utilise une solution de soins ou non ou encore si l'état est le même qu'à la période précédente ou non. Quand une personne âgée est créée elle n'a pas de solution de soins prédéfinie, la future solution peut donc être n'importe quelle solution admissible de la personne âgée  $i$  sans les contraintes que peuvent engendrer les Hypothèses 2, 3 et 4. Dans le cas où on ne trouve pas de solution faute de capacité des structures, la personne âgée reste à domicile et s'expose donc à plus de risque d'hospitalisation. Dans ce cas là la solution  $SP_{it}$  est égale à 0 (par convention) qui ne comporte pas de structure mais seulement un taux d'hospitalisation

---

**Algorithm 5** Admission d'une personne âgée sans structure

---

```

1:  $choix \leftarrow 0$ 
2: while  $choix = 0$  and  $f \leq |F|$  and  $SCD_{fi} > 0$  do
3:   for all  $f$  do
4:     if  $NBS_f = 1$  then
5:       if  $CH1_f + OCC_{S1_{ft}} < C_{S1_f}$  then
6:          $choix \leftarrow 1$ 
7:          $SP_{it} \leftarrow f, SCS_{it} \leftarrow SCD_{fi}, HP_{it} \leftarrow H_f$ 
8:          $OCC_{S1_{ft}} \leftarrow OCC_{S1_{ft}} + CH1_f$ 
9:       else
10:        if  $CH1_f + OCC_{S1_{ft}} < C_{S1_f}$  and  $CH2_f + OCC_{S2_{ft}} < C_{S2_f}$  then
11:           $choix \leftarrow 1$ 
12:           $SP_{it} \leftarrow f, SCS_{it} \leftarrow SCD_{fi}, HP_{it} \leftarrow H_f$ 
13:           $OCC_{S1_{ft}} \leftarrow OCC_{S1_{ft}} + CH1_f$ 
14:           $OCC_{S2_{ft}} \leftarrow OCC_{S2_{ft}} + CH2_f$ 
15:        end if
16:      end if
17:    end if
18:  end for
19: end while
20: if  $choix = 0$  then
21:    $SP_{it} \leftarrow 0$ 
22:    $HP_{it} \leftarrow H0_{ET_i}$ 
23: end if

```

---

selon l'état dans lequel on se trouve ( $H0_e$ ). L'algorithme 5 explique en détail l'admission d'une personne âgée sans structure.

Dans un premier temps on initialise un paramètre *choix* à 0 (ligne 1). Ce paramètre local permet de valider l'affectation d'une personne âgée à une solution. Ainsi tant que ce paramètre est égale à 0 ou que l'on a pas testé toutes les solutions ( $f \leq |F|$ ) ou que le score définitif de la solution testée est strictement supérieur à 0 ( $SCD_{fi} > 0$ ), on continue le processus d'affectation (ligne 2). Ce processus consiste à vérifier pour chaque solution si les structures ont la capacité nécessaire pour accueillir la personne âgée. On retrouve deux cas de figures : quand la solution possède une structure (ligne 4) et quand elle en possède 2 (ligne 9). Dans le premier cas on regarde si l'admission est possible dans l'unique structure (ligne 5) et dans le deuxième cas on effectue ce test pour les deux structures (ligne 10). Si les conditions sont remplies, alors la solution est choisie et *choix* prend la valeur de 1 (ligne 6 et 11), la solution de la personne âgée  $i$  à la période  $t$  devient  $f$  (ligne 7 et 11) et la ou les structures concernées voient leurs occupations mises à jour en ajoutant la charge nécessaire à la solution  $f$  (lignes 8, 13 et 14). Dans le cas où aucune solution n'est trouvée (ligne 20), la solution  $SP_{it}$  est la solution 0 qui signifie "pas de solution" (ligne 21). Le taux d'hospitalisation pour la personne âgée  $i$  devient le taux d'hospitalisation de la solution 0 en fonction de l'état de  $i$  (ligne 22).

Un autre cas de figure est le placement dans une nouvelle solution lorsque la personne âgée a changé d'état et qu'il possède déjà une solution de soins. Si ce n'est pas le cas (l'état de santé s'est dégradé avant de trouver une solution) alors l'affectation sera gérée avec l'algorithme 5. Si la personne âgée a déjà une solution, il se peut que celle-ci ne soit pas adaptée au nouvel état. Il est alors possible que la solution devienne une solution dégradée.

**Hypothèse 5 (Solution dégradée)** : *Une solution dégradée est une solution qui n'est pas complète (en charge de soins) ou qui n'existe plus lorsque la personne âgée change d'état. Son score est donc pénalisé et les risques d'hospitalisation augmentent.*

Une solution non complète par exemple peut être une solution de maintien à domicile avec une charge de SSIAD qui augmente dans le nouvel état et qui n'a pas pu être complétée avec la charge nécessaire. Une solution qui n'existe plus peut être par exemple le cas d'une personne âgée à domicile qui avait recours à des soins prodigués par une infirmière libérale et qui change d'état ce qui entraîne une augmentation de dépendance. Dans ce cas là les besoins en soins médicaux exigent le recours à une SSIAD, cependant si ce type de structures n'est pas disponible alors la solution reste la même pour ne pas détériorer encore plus le situation de la personne âgée. Elle se retrouve donc avec une situation qui n'existe plus pour son état  $e$ . Dans ces deux situations il faut donc pénaliser temporairement ces solutions en attendant de pouvoir affecter les personnes concernées à une solution admissible existante. Pour une solution non complète on affecte au score  $SCS_{it}$  qui se calcule en pénalisant  $SCD_{fi}$  avec une pénalité  $PNC_f$ . Le taux d'hospitalisation est également augmenté en ajoutant un taux supplémentaire  $HNC_f$  qui est ajouté à  $HP_{it}$ . Pour une solution qui n'existe pas dans le nouvel état de la personne âgée, on laisse la personne âgée dans cette solution en affectant comme score  $SCS_{it}$  un score dédié à ce cas de figure dans l'état  $e$  ( $SNE_e$ ) tout comme pour le taux d'hospitalisation ( $HNE_e$ ).

### 3.3.6 Les transitions entre les états

Dans le modèle le score de la solution actuelle de la personne âgée a une conséquence sur les possibilités de transitions entre les états. En effet il y a un impact de la solution choisie sur la durée de vie dans un état, qui peut amener à se maintenir dans cet état ou décliner plus ou moins rapidement vers un autre état. Par exemple une personne âgée dans l'état 8 (pathologies chroniques graves, forte dépendance et socialement isolé.e) aura plus de chances de mourir si elle est dans une solution de maintien à domicile alors que la situation préconise une solution résidentielle médicalisée de type EHPAD ou USLD. Le score est choisie comme discriminant plutôt que la solution en elle même car le score de la solution peut varier pour chaque personne âgée (voir la section 3.3.4). Nous divisons les scores en 4 catégories de la manière suivante :

- **Catégorie 1 : Scores compris dans  $]0, 75; 1]$ .** Cette catégorie comprend les meilleurs scores possibles ainsi que de bons scores (meilleures solutions impactées par la mobilité des personnes âgées). C'est donc la meilleure catégorie de scores possible.
- **Catégorie 2 : Scores compris dans  $]0, 5; 0, 75]$ .** Cette catégorie comprend de bonnes solutions de substitutions (0,75) ainsi que de bonnes solutions légèrement dégradées. Cette catégorie de scores reste une bonne alternative pour les personnes âgées.
- **Catégorie 3 : Scores compris dans  $]0, 25; 0, 5]$ .** Cette catégorie comprend des solutions Moyennes (0,5) et des solutions qui intrinsèquement sont bonnes (solutions théoriques et existantes) mais qui deviennent mauvaises ramenés à la situation de la personne âgée. Ces solutions peuvent être envisagées mais risquent de mettre la personne âgées dans une situation de déclin vers d'autres états.
- **Catégorie 4 : Scores compris dans  $]0; 0, 25]$ .** Cette catégorie comprend de mauvaises solutions ainsi que de bonnes et de moyennes solutions qui ne représentent plus une alternative crédible pour la personne âgée. Cette catégorie de scores est déconseillée et risque fortement de dégrader l'état de santé.

La figure 3.3 présente un exemple de la gestion des transitions dans le modèle. Dans la figure 3.1 la transition d'un état  $e$  vers un état  $e'$  n'était représenté que par une seule transition possible, en réalité le modèle permet de prendre en compte la solution choisie pour la personne âgée. Ici l'exemple est simplifié en 3 états dont deux où la personne âgée peut décliner (le 2 et le 3), l'individus se trouvant dans le 1. Dans l'état 1 il y a deux solutions admissibles, la solution 1 faisant partie de la catégorie de score 1 (la meilleure) et la solution 2 faisant partie de la catégorie de scores 2 (bonne mais légèrement dégradée). Il y a 3 transitions possible par catégorie de scores (et donc par solution) : rester dans le même état (l'état 1) ou rejoindre un autre état (2 ou 3). Donc il y a 6 transitions possibles.

La règle pour les transitions est donc que pour les transitions qui partent du même état  $e$  (ici 1) vers le même état, la transition de la catégorie la plus basse (ou mauvaise) possède la valeur la plus élevé car la personne âgée à le plus de chance de décliner dans ce cas. Pour notre modèle général on peut définir mathématiquement cette règle par l'équation 3.3 où plus la solution se dégrade et plus le déclin est probable.

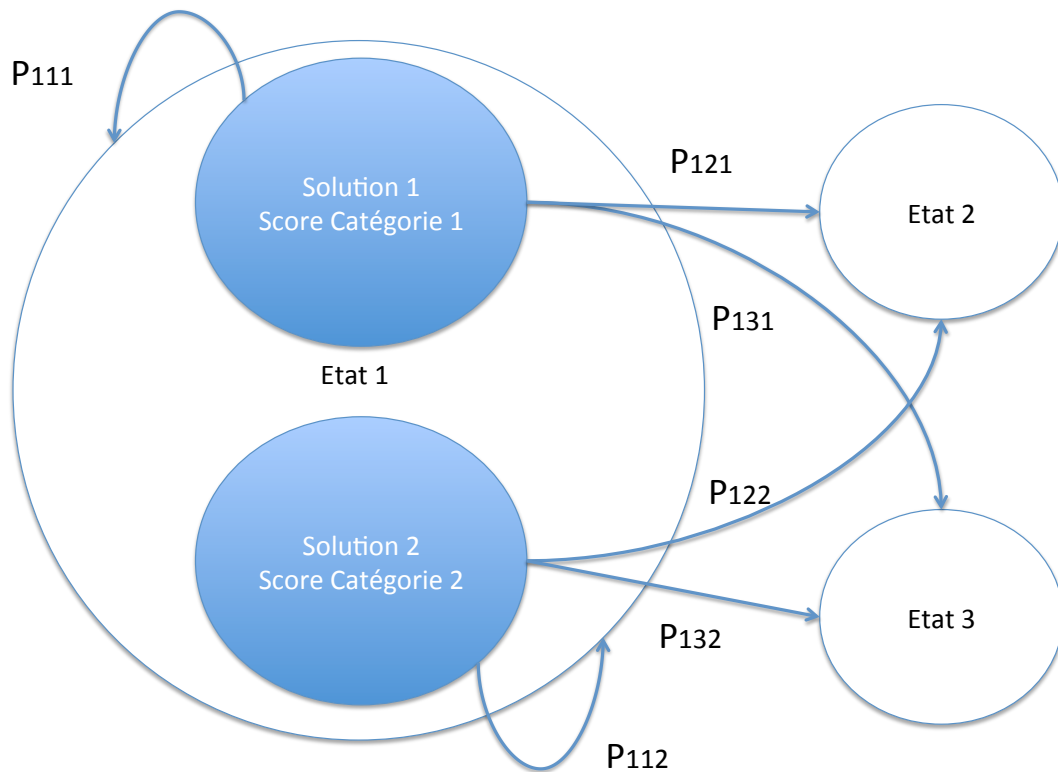


FIGURE 3.3 – Les transitions

$$P_{ee'1} < P_{ee'2} < P_{ee'3} < P_{ee'4} \quad (3.3)$$

De la même manière, pour toutes les transition partant de l'état  $e$  et restant dans l'état  $e$  ont plus de chance d'être élevées si elles proviennent d'une catégorie de scores supérieure. En d'autres termes plus la solution possède un score élevé et plus la chance de rester dans le même état est grande. L'équation 3.4 défini cette règle.

$$P_{ee1} > P_{ee2} > P_{ee3} > P_{ee4} \quad (3.4)$$

Nous faisons également évoluer les probabilités de déclin en fonction de l'âge. Plus une personne est âgée et plus son risque de déclin est fort. Nous considérons des tranches d'âge de 5 ans à partir de 75 ans (première tranche [75-80[, deuxième tranche [80-85[, etc...) jusqu'à 100 ans.

### 3.3.7 Les indicateurs de performance

Dans notre étude nous prenons compte plusieurs indicateurs de performance qui concernent à la fois les durées de séjours des personnes âgées dans les états et également les structures. Les KPIs (pour Key Performance Indicator) qui portent sur les durées de séjour sont calculés en nombre de périodes de temps  $t$  et servent à mesurer la qualité de l'offre de soins sur le territoire tandis que les KPIs concernant les structures servent à mesurer l'occupation d'un type de structures.

**KPI 1 (Occupation moyenne des structures)** : *L'occupation moyenne des structures est un indicateur de performance qui permet de déterminer si un sous-territoire n'est pas sur-dimensionné.*

Ce KPI permet de juger la bonne répartition des ressources sur les sous-territoires. Par exemple un dimensionnement peut avoir de bons résultats pour les scores moyens et l'espérance de vie mais des structures sous-occupées. Ce cas est problématique car un sur-dimensionnement représente des coûts qui pourraient être utilisés pour développer les structures sur un autre sous-territoire. Ce KPI doit donc être le plus proche possible des 100%. Ce KPI se calcule avec la formule 3.5 où pour chaque structure on calcule la somme de l'occupation de toutes les périodes  $t$  puis on divise par le nombre total de périodes  $|T|$ .

$$KPI1 = \frac{\sum_{t=1}^{|T|} OCC_{st}}{|T| * 100} \quad \forall s \quad (3.5)$$

**KPI 2 (Les scores moyens)** : *Cet indicateur est la moyenne des scores de toutes les personnes âgées sur toutes les périodes. Il est calculé pour la population dans sa globalité et aussi pour chaque état.*

Les scores moyen permettent de juger de la pertinence du dimensionnement du territoire. Plus le score moyen de la globalité de la population est proche de 1 et plus le dimensionnement est pertinent. Observer les scores pour chaque état permet d'analyser les manques en termes de types de structure. Par exemple si le score moyen dans un état est faible et que la meilleure solution est l'USLD, on peut cibler un problème de manque de ce type de structure et d'affiner le dimensionnement du territoire.

**KPI 3 (Les charges moyennes d'hospitalisation aiguë)** : *Cet indicateur est la moyenne des charges d'hospitalisation aiguë.. Il est calculé pour la population dans sa globalité et aussi pour chaque état.*

Cet indicateur permet d'évaluer l'impact d'une politique de dimensionnement sur l'hospitalisation aiguë du territoire. Un score élevé est préjudiciable pour les personnes âgées qui supportent mal les hospitalisations ainsi que pour le reste de la population. En effet si la charge moyenne d'hospitalisation aiguë augmente, l'encombrement des divers services hospitaliers comme les urgences augmentera également.

**KPI 4 (Les durées de vie)** : *Cet indicateur est la moyenne des durées de séjour des personnes âgées dans un état Il est également calculé pour la population dans sa globalité.*

La durée de vie d'une population dans sa globalité est un indicateur important. Cependant comme tous les états de santé ne requièrent pas les mêmes types de structures, il est une fois de plus intéressant de mesurer les indicateurs pour chaque état. En effet privilégier une politique de dimensionnement peut avantager certains états et être critique pour d'autres. Par exemple avantager les structures de maintien à domicile plutôt que les structures résidentielles pourra avoir un effet bénéfique sur les états où la dépendance est faible mais dommageable pour les états les plus difficiles.



## 3.4 Résultats Numériques

### 3.4.1 Collecte des données

Afin d'alimenter le modèle de simulation avec des données réalistes, une extraction du PMSI a été réalisée. Ainsi nous obtenons une population de personnes âgées ayant eu au moins un séjour hospitalier. L'omission des personnes âgées n'étant jamais passées par l'hôpital est mineure étant donné que la population d'intérêt est une cohorte de personnes très âgées à risque sur les critères mentionnés précédemment (pathologie, dépendance, isolement). Les probabilités de transition initiales ont été fixées théoriquement en collaboration avec les praticiens partenaires. Ces paramètres peuvent être ajustés en fonction de la caractérisation du territoire. Par exemple, une population sur un territoire difficile d'accès pourra être caractérisée par un risque plus fort de basculer en isolement.

### 3.4.2 Paramètres territoriaux et démographiques

Pour expérimenter le modèle nous définissons un territoire composé de 4 sous-territoires. La distance entre chaque sous-territoire a été générée aléatoirement sur une échelle de 1 à 3 (où 1 est un sous-territoire proche et 3 un sous-territoire éloigné). Pour chaque sous-territoire et pour chaque type de structures il y a un nombre égal de places demandant de fortes ressources financières et de places plus abordables. Le nombre de personnes âgées favorisées et défavorisées financièrement est également le même (50% de chance à la création de l'entité). Le sous-territoire d'origine de la personne âgée est également affecté selon une loi uniforme entre les 4 sous-territoires tout comme sa mobilité (de 1 à 3).

### 3.4.3 Evaluation des politiques de dimensionnement

Nous proposons 3 scénarios pour évaluer les politiques de dimensionnement de territoire :

**Scénario 1** : *Ce scénario étudie un territoire avec un dimensionnement adapté à la population. C'est à dire que la population doit avoir un score de pertinence élevé dans chaque état (nous le fixons supérieur ou égal à 0,95) et l'occupation de chaque type de structures doit être proche de 1 (nous le fixons supérieur ou égal à 0,90).*

Ce scénario peut être considéré comme proche du dimensionnement optimal pour un sous-territoire (où le score de pertinence serait de 1 et l'occupation de toutes les structures à 1). Il va servir de base aux deux autres scénarios en favorisant soit les catégories de structures résidentielles, soit les catégories de structures de maintien à domicile. Nous choisissons un score moyen de 0,95 pour avoir une pertinence des solutions choisies quasiment parfaite.

**Scénario 2** : *Ce scénario représente une situation où les structures de soins à domicile sont privilégiées par rapport aux structures résidentielles. A partir du scénario 1 nous augmentons le nombre de places de structures de maintien à domicile de 30% et diminuons le nombre de places de structures résidentielles de 30%.*

**Scénario 3** : *Ce scénario représente une situation où les structures résidentielles sont privilégiées par rapport aux structures de maintien à domicile. A partir du scénario 1 nous augmentons le nombre de places de structures résidentielles de 30% et diminuons le nombre de places de structures de maintien à domicile de 30%.*

Pour les scénarios 2 et 3 nous avons décidé de faire varier les capacités des Résidences Autonomie de la même manière que pour les structures de maintien à domicile. Ce type de structures fait partie de la catégorie des structures résidentielles mais il est étroitement lié aux structures de maintien à domicile dans les solutions. Le nombre de structures pour chaque sous-territoire et chaque scénario est donné par le tableau 3.11.

TABLE 3.11 – Plan d’expérience

Type de structures	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
USLD (nombre de places/sous-territoire)	40	28	52
EHPAD (nombre de places/sous-territoire)	250	175	325
RA (nombre de places/sous-territoire)	265	345	185
IDE (nombre d’heures/sous-territoire)	4500	5850	3150
SAAD (nombre d’heures/sous-territoire)	2500	3250	1750
SSIAD (nombre d’heures/sous-territoire)	2100	2730	1470

### 3.4.4 Résultats

Les résultats que nous allons présenter dans cette section ont été obtenus avec une simulation sur un horizon de 50 ans et un warm up de 20 ans et 50 réplifications. Les périodes de temps sont fixées à 6 mois. Les résultats présentés sont les moyennes sur 50 ans en prenant en compte le warm up.

#### KPI1 : Occupations moyennes des structures

Les occupations dans les différents types de structures sont présentées dans la figure 3.4. Dans le scénario 1 les occupations moyennes sont toutes au dessus de 0,90 car c’est une condition que nous avons fixé préalablement. Dans le scénario 2 les capacités des structures résidentielles ont été baissées de 30% tandis que celles des structures de de maintien à domicile ont été augmentées de 30%. On voit que les structures résidentielles (USLD, EHPAD) sont totalement occupées car leur capacité n’est pas adaptée à la demande des états où la multimorbidité (état pathologique) et la dépendance est très forte (état 4 et état 8). Pour les structures de maintien à domicile (RA, IDE, SAAD et SSIAD) les occupations sont en baisse car les capacités des structures sont plus importantes que la demande. On remarque cependant que certains types de structures restent

relativement utilisés (supérieur à 0,85) comme les SAAD ou les SSIAD car ce sont des structures utilisées dans les états 4 et 8 pour compenser le manque de structures résidentielles. Dans le scénario 3 le nombre de places de structures a été augmenté de 30% et celui des structures de maintien à domicile a été diminué de 30%. On peut voir que toutes les occupations sont élevées ce qui est compréhensible pour les structures de maintien à domicile car leurs capacités ne répondent plus à la demande des personnes âgées dans les états 1, 2, 3, 5, 6, 7 qui privilégient ce mode de prise en charge. La forte occupation des structures résidentielles alors que leurs capacités ont été augmentées ne peut s'expliquer que par une augmentation du nombre de personnes présentes dans les états 4 et 8. Nous pouvons affirmer ce constat car dans le scénario 1 les scores de pertinences des personnes âgées dans ces états étaient très proches de 1 et ce sont principalement ces états qui nécessitent des structures de ce type. Un autre facteur est que l'état 6 a comme second choix le placement en EHPAD (en raison du fort niveau de dépendance) mais cette situation ne concerne qu'un seul état ce qui ne semble pas assez pour justifier un tel besoin de structures résidentielles.

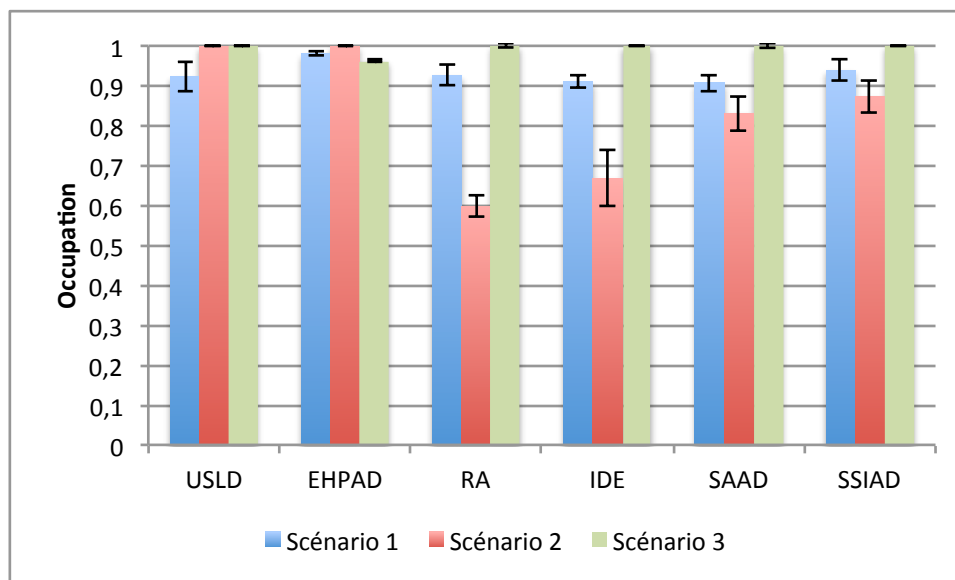


FIGURE 3.4 – Occupations des types de structures

### KPI2 : Scores moyens dans les états

Dans le scénario 1 (ressources équilibrées) tous les scores sont proches de 1, c'est une des caractéristiques de ce scénario. Dans le scénario 2 on peut voir que la diminution du nombre de places en structures résidentielles dégrade le score moyen des personnes âgées dans les états 4 et 8 (états à forte multimorbidité et forte dépendance). Le score moyen total diminue également légèrement dans ce scénario. Pour le scénario 3 on peut voir que les scores dans les états 4 et 8 restent très hauts mais diminuent légèrement, cela semble confirmer notre conclusion présentée dans le KPI1 à propos de l'augmentation du nombre de personnes âgées dans ces états. Pour les autres états les scores baissent significativement car la plupart de ces états n'ont pas de solutions utilisant une USLD ou un EHPAD. Le score total diminue également significativement passant de 1 à 0,6.

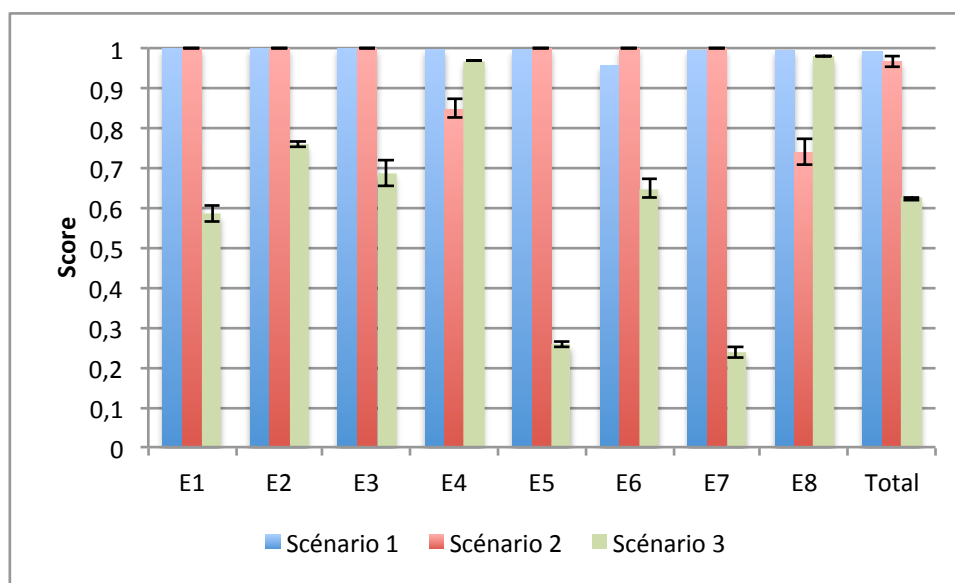


FIGURE 3.5 – Scores dans les états

### KPI3 : Durées de séjour moyenne dans les états

Ce KPI confirme les comportements observés dans les KPI 1 et 2. Dans le scénario 2 on peut voir que pour les états qui privilégient le maintien à domicile les taux d'hospitalisation ne changent pas significativement car les personnes âgées sont prises en charge selon leurs besoin. Pour les états 4 et 8 le maintien à domicile n'étant pas une solution satisfaisante le taux d'hospitalisation augmente de manière significative. Dans le scénario 3 on observe le phénomène inverse où la prise en charge des personnes âgées en institutions est faible (hospitalisation à cause d'évènements aigus importants) et où les états 1, 2, 3, 5, 6 et 7 voient leur taux d'hospitalisation augmenter significativement car les personnes âgées sont dans la plupart des cas encore à domicile.

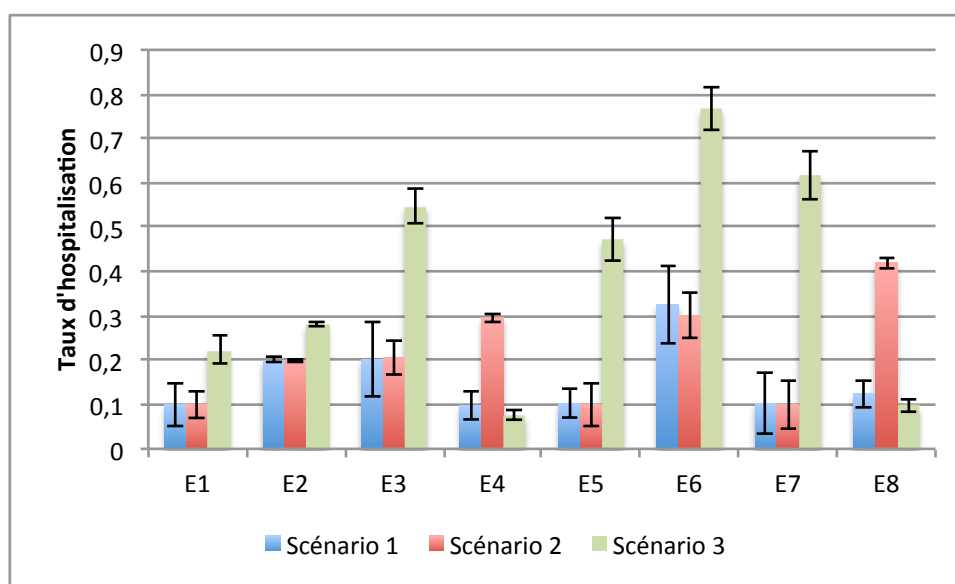


FIGURE 3.6 – Taux d'hospitalisation dans les états

### KPI4 : Durées de séjour moyenne dans les états

Les durées de séjour changent pas significativement entre le scénario 1 et le scénario 2 hormis pour les états nécessitant une entrée en institution (4 et 8) où elles diminuent significativement. Dans le scénario 3 on remarque que si certaines durées de séjour dans des états intermédiaires (non 4 et 8) restent stable par rapport au scénario 1, d'autres (état 5 et état 7) sont fortement impactées. Dans ces états la personne âgée est isolée socialement (donc vulnérable) et son niveau de dépendance est faible. Ainsi la première structure envisagée dans ce cas est une Résidence Autonomie couplée à une charge d'IDE (faible dans l'état 5 et forte dans l'état 7). Ce sont deux types de structures en sous-capacité dans ce scénario. C'est également le cas de la deuxième solution proposée pour ces états (SAAD + IDE) au contraire de l'état 6 qui préconise une entrée en EHPAD à cause de la forte dépendance de la personne âgée.

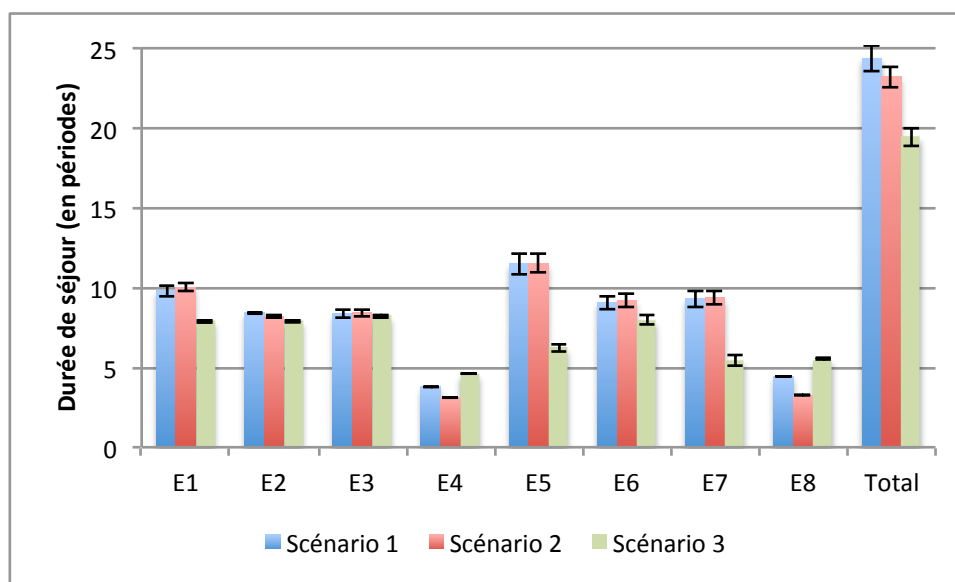


FIGURE 3.7 – Durées de séjour dans les états

Un autre phénomène intéressant est la faible mais significative augmentation de la durée de séjour en état 4 et 8. Nous l'expliquons par la diminution du temps de séjour dans les états évoquées précédemment qui avance l'âge de déclin des personnes âgées dans cette situation (elles arrivent plus tôt en état 4 ou 8). Comme les transitions et chances de rester dans un état sont également influencés par l'âge de la personne âgée (voir section 3.3.6) alors des personnes âgées qui arrivent plus jeunes ont plus de chance de rester dans le même état et donc d'augmenter la durée de séjour. La durée de séjour globale diminue également selon les scénarios, la figure 3.8 explique en détail les raisons de ces variations à partir de conclusions précédentes.

Nous prenons l'exemple d'une personne âgée qui débute son parcours dans l'état 5 (Gravité pathologique faible, dépendance faible et isolée socialement) qui voit son nombre de pathologies chroniques augmenter (multimorbidité) et bascule dans l'état 7 puis devient dépendante et entre dans l'état 8. Dans l'état 5 et l'état 7 la solution privilégiée est une Résidence Autonomie que nous classons dans cette expérimentation dans la catégorie maintien à domicile. L'état 8 nécessite quant à lui une entrée en institution pour une prise en charge optimale. Dans le scénario 2 il n'y a pas de différence significative avec le

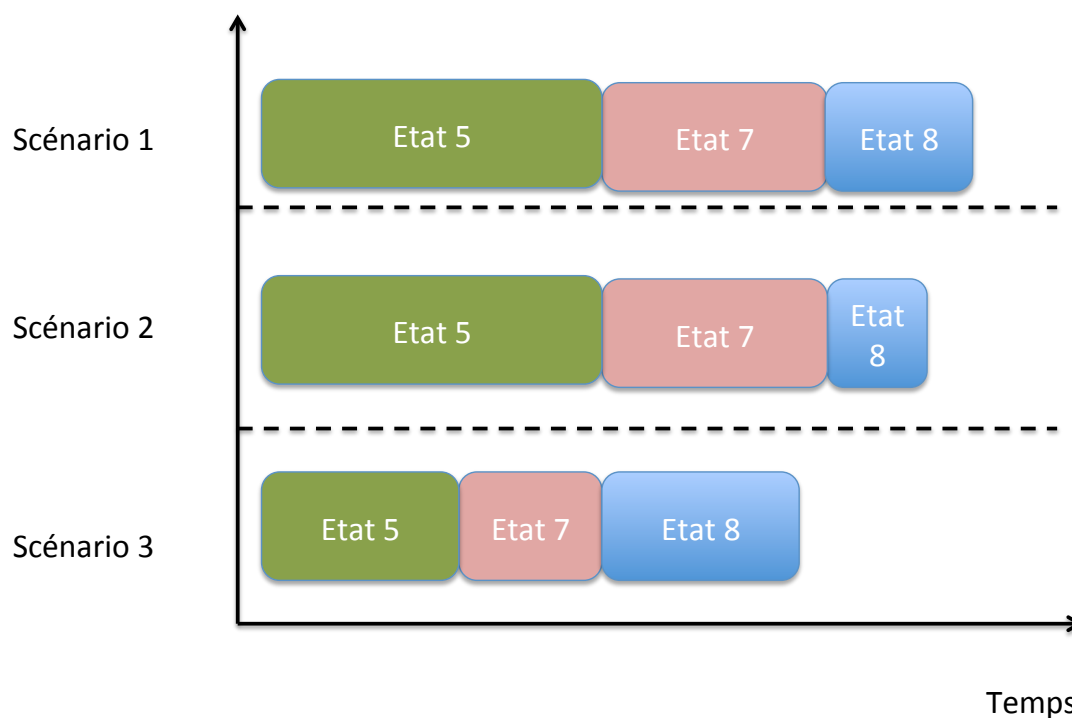


FIGURE 3.8 – Parcours dans les différents scénarios

scénario 1 dans les états 5 et 7 car les structures de maintien à domicile sont majoritaires dans le territoire. Cependant comme il y a un déficit de structures résidentielle la durée de séjour globale diminue légèrement à cause d'une moins bonne prise en charge des personnes âgées de l'état 8. Dans le scénario 3 la durée de séjour globale diminue de façon significative car les solutions de maintien à domicile ne sont plus totalement assurées en raison de la réduction de leur nombre de places. Ainsi les durées de séjour de l'état 5 et 7 diminuent. La personne âgée arrive plus tôt (et donc plus jeune) dans l'état 8 et en institution ce qui augmente légèrement sa durée de vie dans cette situation sans pouvoir compenser les pertes dans les états précédents.

## 3.5 Conclusion et perspectives

### 3.5.1 Synthèse

Dans ce chapitre nous avons étudié le parcours de soins sur le long terme des personnes âgées. Notre modèle est basé sur un graphe d'états où chaque état est une combinaison de 3 critères qui sont la multi-morbidité (ou gravité pathologique), la dépendance et l'isolement social. Pour chaque état nous établissons une liste de solutions (combinaisons de structures de soins) possibles pour les personnes âgées allant de la plus pertinente à des solutions de substitution. Ce modèle nous permet de simuler l'évolution d'une population de personnes âgées sur un territoire de soins en fonction des solutions choisies pour les

prendre en charge et de leur âge. Le but est de tester et d'évaluer plusieurs politiques de dimensionnement d'un territoire de soins.

Nous avons comparé 3 scénarios possible : (i) un scénario où le territoire est dimensionné de manière équilibrée (score proche de 1 et occupation proche de 1), (ii) un où l'on a privilégié les solutions de maintien à domicile et (iii) un où l'on a privilégié les structures résidentielles. Le premier scénario a été dimensionné pour s'approcher d'une solution optimale et sert de base aux deux autres. Les résultats montrent l'intérêt d'avoir une offre de soins équilibrée et diversifiée pour avoir des scores de pertinence performants pour la population et pour réduire les taux d'hospitalisation causés par des choix de solutions non adaptées aux états de santé des individus. L'analyse des durées de séjour montrent que privilégier un type de structure a un impact sur la durée globale de séjour.

Il faut cependant relativiser nos résultats car les données nécessaires pour paramétrer correctement le modèle ne sont pas disponibles. Nous pouvons avoir accès à l'état de santé d'une population de personnes âgées grâce aux données du PMSI mais les transitions entre les états selon les solutions choisies sont difficiles à déterminer en raison d'absences d'information dans les bases de données. C'est une limite importante de notre modèle qui devra être dépassée pour pouvoir rendre le modèle utilisable sur un cas réel, par une Agence Régionale de Santé (ARS) par exemple.

### 3.5.2 Perspectives

Dans cette partie nous avons fait l'hypothèse que toutes les structures géraient l'admission de leurs patients en FIFO (First In First Out), c'est-à-dire que le cas de chaque personne âgée est traité l'un après l'autre. La condition d'admission est uniquement liée à l'occupation des structures et les besoins des personnes âgées. Or comme nous l'avons vu dans la section 1.3.2 au sein même d'un type de structures il y a plusieurs sous-catégories. Par exemple un EHPAD peut-être public, privé à but non lucratif et privé à but lucratif. Ainsi les structures peuvent avoir des règles d'admissions totalement différentes selon leurs intérêts et motivations. Pour utiliser le modèle comme un réel outil de dimensionnement il faudra prendre cette particularité en compte.

Certaines de ces structures peuvent également fournir des services différents comme certains EHPAD qui proposent des hôpitaux de jour en attendant une opportunité de placement. Certaines structures comme des Résidences Autonomie ont des partenariats avec d'autres types de structures comme des SSIAD. De plus nous considérons que les structures comme les SAAD, IDE ou SSIAD ne peuvent intervenir que sur un seul sous-territoire. Si le maillage des sous-territoire couvre de petites zones alors certaines de ces structures peuvent prendre en charge des personnes âgées dans plusieurs sous-territoires ce qui implique une coordination avec les autres structures.

Pour intégrer ces problèmes de partenariat et de coopération inter-structures sur le territoire il peut être intéressant d'utiliser un modèle de simulation multi-agents. La simulation multi-agents se compose de plusieurs type d'entités (les agents) : les agents réactifs (qui ne peuvent avoir que des réactions simples) et les agents cognitifs (qui peuvent négocier entre eux). Dans notre cas les personnes âgées sont des agents cognitifs car ils n'entrent pas en négociation entre les structures mais transmettent uniquement leurs informations. Nous distinguons 2 types d'agents cognitifs :

- Un agent "gestionnaire" : Il négocie avec les structures en tenant compte du dossier

de la personne âgée. Dans la réalité il peut être assimilé à l'équipe pluridisciplinaire (médecins, assistant(e) social(e)) qui encadre et aide la personne âgée.

- Un type d'agents "structure" : Ces agents représentent les différentes structures du territoire comme par exemple les EHPAD. Ces structures peuvent négocier avec l'agent "gestionnaire" mais également entre elles. Elles possèdent toutes des caractéristiques qui leur sont propres comme leur capacité, leur prix, leurs partenariats avec d'autres structures et leurs conditions d'admission.

Les différentes interactions possibles sont présentés dans la figure 3.9

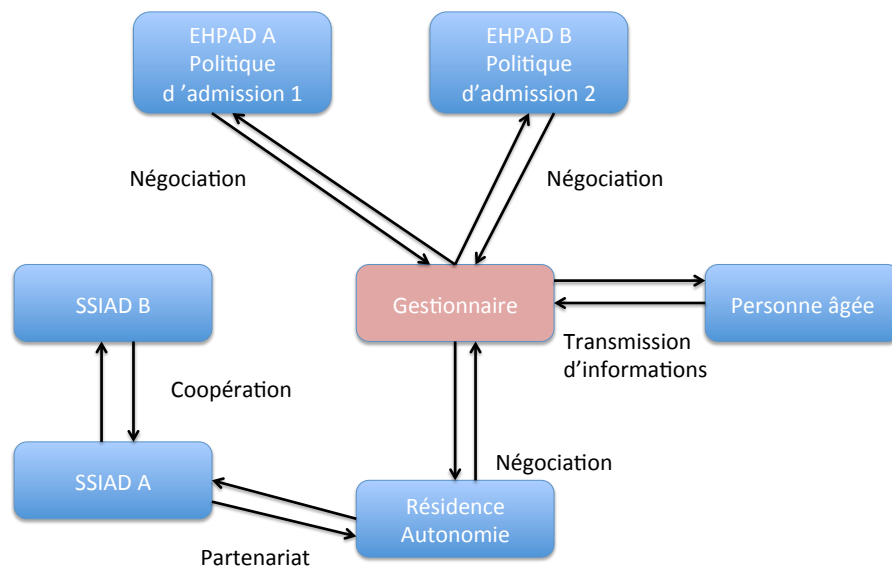


FIGURE 3.9 – Exemple d'interactions dans un système multiagents

Nous prenons l'exemple d'une personne âgée dans l'état 6 où la personne âgée nécessite en premier lieu une Résidence Autonomie avec des temps de SSIAD. Si cette solution n'est pas disponible alors l'entrée en EHPAD peut-être envisagée en raison de la forte dépendance de la personne. Dans ce cas la personne âgée transmet ses informations (situation de dépendance, sociale, etc...) à l'agent "gestionnaire" (équipe pluridisciplinaire) qui négocie dans un premier temps avec la Résidence Autonomie. Cette résidence possède un partenariat avec la SSIAD A. Si la SSIAD A ne peut pas assumer la charge de soins de la personne âgée elle peut collaborer avec la SSIAD B pour ajuster sa capacité en lui transférant des patients par exemple. Si une prise en charge n'est pas possible le gestionnaire peut négocier avec les EHPAD A et B qui peuvent avoir des politiques d'admission différentes.

Notre modèle s'inscrit dans une vision **stratégique** du dimensionnement d'un territoire alors qu'un système multi-agents permettrait d'aborder le problème d'un point de vue **tactique** (avec une organisation sur les prochaines semaines et prochains mois). Une telle modélisation permet de prendre en compte les particularités d'un territoire et les collaborations entre les acteurs des soins de longue durée. Un des buts d'un modèle multi-



agents est se s'optimiser soit-même à travers les interactions et les négociations des agents. Dans l'exemple précédant on peut imaginer que l'agent "Résidence Autonomie" dans le cadre son partenariat avec l'agent "SSIAD A" puisse lui demander une augmentation de sa capacité (SSIAD) pour accueillir de nouvelles personnes âgées ou agrandir lui même sa capacité (RA). Les agents "SSIAD A" et "SSIAD B" pourraient ainsi collaborer pour augmenter leur capacité de la manière la plus pertinente sur le sous-territoire.

Ce modèle pourrait alors permettre de dimensionner un territoire de soins en augmentant progressivement le nombre de personnes âgées (selon les prévisions de l'INSEE). Des contraintes de coût en fonction de l'investissement privé et public pourraient être intégrées.

# Chapitre 4

## Optimisation stochastique et dynamique pour le pilotage des parcours de santé

### 4.1 Introduction

Dans le chapitre 3 nous avons pu voir l'importance d'un dimensionnement pertinent d'un territoire de soins. Dans les faits il n'est pas rare que les places en institutions ne soient difficiles à obtenir, ce qui augmente les durées d'attente en milieu hospitalier (Lang *et al.*, 2008). Cette situation peut-être délétère pour la personne âgée (Tuetey *et al.*, 2015) et elle coûte cher au système de soins. Une des raisons déterminantes de cette attente est le coût d'une place en établissement qui peut être un frein pour les familles dans le cas où la personne âgée ne peut pas assumer seule le financement. La solution du maintien à domicile peut être retenue de manière inappropriée, les risques de déclin fonctionnel et de décès sont alors plus importants. Il arrive que certains patients intègrent des institutions éloignées de leur domicile en raison des prix plus avantageux. Un tel choix peut entraîner l'isolement social de la personne âgée.

Pour les raisons évoquées précédemment le choix de placement des personnes âgées est délicat et doit être personnalisé. Cela implique également que ce choix doit prendre en compte le reste de la population pour optimiser sa pertinence. Le processus actuel d'admission est géré par les institutions elles-mêmes et la décision finale revient aux directeurs de celles-ci. Cela peut être un problème car l'augmentation des places dans les structures comme les EHPAD concernent surtout des places à but lucratif.

La mise en place d'un guichet unique (décision centralisée) constitue une solution à ce problème car cela permettrait de prendre en compte le besoin de toute la population. Cependant optimiser les placements en fonction de la mobilité et des ressources financières ne résout pas le problème de la gestion de l'attente. Une partie de la population ne pourra pas être placée immédiatement et il faut faire un choix entre (i) attendre une place dans une structure adaptée à l'état de santé de la personne âgée ou (ii) la placer directement dans la meilleure structure disponible à l'instant  $t$ . Pour prendre cette décision les décideurs devraient avoir des projections de l'évolution de la population de personnes âgées sur le territoire mais également celle de l'évolution de la population dans les structures de soins de longue durée.

Le cas du dimensionnement des territoire et de l'évolution des populations âgées est très

largement couvert dans la littérature (Worrall et Chaussalet, 2015) cependant l'affectation aux structures au niveau tactique est peu traité. Nous proposons donc un modèle d'optimisation stochastique afin résoudre cette problématique. L'incertitude est souvent traité avec des modèles stochastiques à deux étapes où la première étape permet de déterminer une solution avant l'évènement aléatoire tandis que la seconde étape permet de rectifier la décision après l'évènement aléatoire. Il est possible d'étendre de tels modèles avec des modèles stochastiques multi-stages dans le but de créer des arbres de scénarios (Birge et Louveaux, 2011). Ce type de modèle est utilisé pour les plannings financier (Mulvey et Shetty, 2004) et de production (Kazemi Zanjani *et al.*, 2010). Nous (Franck *et al.*, 2017) avons proposé une première approche de ce problème avec un avec un Programme Linéaire en Nombres Entiers qui optimise l'affectation aux structures avec 3 critères (Pertinence du choix, risque d'hospitalisation et les changements d'environnement). Ce PLNE est ensuite utilisé dans une simulation à temps discret où une optimisation est lancée à chaque période suivi d'une mise à jour de la population à l'aide d'une chaîne de Markov. Ce chapitre est le prolongement de ce travail, nous essayons de prendre des décisions en fonction d'une prédiction de l'état futur du système et non des facteurs de risque.

## Objectif

Le but de ce modèle est de fournir un outil d'aide à la décision pour gérer les admissions en structure résidentielle de soins de longue durée de manière centralisée. Pour chaque personne âgée il y a deux possibilités : (i) le ou la placer dans une structure ayant des places disponibles ou (ii) attendre qu'une place se libère dans une structure adaptée selon ses besoins. Pour évaluer l'impact du modèle sur le long terme le modèle doit prendre en compte une évolution de l'état de santé dans le temps ainsi que de nouvelles arrivées d'individus dans le système. Le modèle de simulation incorporant le modèle d'optimisation est ensuite proposé afin de prendre en compte la stratégie des décideurs dans le temps.

## 4.2 Description du Système

Dans cette section nous allons décrire tous les composants que nous avons pris en compte dans notre étude.

### 4.2.1 Les structures de soins de longue durée

**Définition 1 (Les structures de soins de longue durée) :** *Une structure délivre un certain type de soins à un certain endroit (domicile ou résidentiel). On définit des types de structures par l'ensemble  $T = \{T_0, \dots, T_{|T|}\}$ .*

Les différents types de structures pris en compte dans cette étude sont présentés dans le tableau 4.1.

Dans ce chapitre nous reprenons les structures résidentielles Unité de Soins de Longue Durée (USLD), Etablissement d'Hébergement de Personnes Agées Dépendantes (EHPAD) et Résidence Autonomie (RA). Le DE (Domicile Equipé) est le domicile du patient qui a été équipé pour aider la personne âgée à conserver ses habitudes. Cette solution est combinée avec des services d'aides à domicile. Ce type de structure est réservé aux personnes âgées en période de fragilité. Enfin le DNE (Domicile Non Equipé) correspond au domicile

TABLE 4.1 – Types de Structures

Type	Nom de la Structure	Description
$T_0$	Unité de Soins de Longue Durée (USLD)	Très médicalisée
$T_1$	Établissement d'Hébergement de Personnes Âgées Dépendantes (EHPAD)	Partiellement médicalisée
$T_2$	Résidence Autonomie (RA)	Non médicalisée
$T_3$	Domicile Equipé (DE)	Domicile de la personne âgée
$T_4$	Domicile non équipé (DNE)	Domicile de la personne âgée

de la personne âgée sans aucun aménagement. Cette situation est utilisée comme une période transitoire où la personne âgée attend une place dans une structure plus adaptée et où l'investissement pour équiper le domicile n'est pas envisageable. La personne âgée reçoit des soins et des aides à domicile selon son état de santé. Les types de structures  $T_0$ ,  $T_1$  et  $T_2$  ont des capacités limitées tandis que les types de structures  $T_3$  et  $T_4$  ont des capacités infinies comme la personne âgée reste à son domicile.

**Définition 2 (Territoire de soins)** : *Un territoire de soins fournit des services de soins à des personnes âgées sur une zone géographique donnée (par exemple une ville, un département, une région ou même un pays). Cela inclut tous les types de structures introduits précédemment et le territoire peut être considéré comme un ensemble de structures associées à leur capacité.*

### 4.2.2 Les états

**Définition 3 (Les états)** : *un état correspond à un besoin de structures selon un ordre de préférence. Chaque état est associée à une liste de structure qui représente son besoin. On définit les états par un ensemble  $E = \{E_0, \dots, E_{|E|}\}$ .*

**Définition 4 (Les listes de besoin)** : *Les listes de besoins représentent le besoin en structures dans un ordre de préférence précis. On les définit par  $LB = \{LB_0, \dots, LB_{|E|}\}$  où  $LB_0$  est la liste associée à l'état 0.*

Dans cette étude on prend en compte 3 états, un pour chaque type de structures qui devient le premier type de structures dans la liste des besoins. Les types de structures suivants sont alors tous ceux qui sont moins médicalisés dans l'ordre de médicalisation. Par exemple si l'état 0 représente le besoin d'une structure très médicalisée alors  $T_0$  est le premier type de la liste qui est complétée par  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  et  $T_4$ . Le tableau 4.2 présente les différents états et listes associées..

TABLE 4.2 – Etats et listes des besoins

Etats	Listes des besoins
0	1 : $T_2$ , 2 : $T_3$
1	1 : $T_1$ , 2 : $T_2$ , 3 : $T_3$
2	1 : $T_0$ , 2 : $T_1$ , 3 : $T_2$ , 4 : $T_3$

### 4.3 Optimisation mathématique du problème d’affectation des personnes âgées aux structures de soins de longue durée

Le but de ce modèle est d’optimiser l’affectation des personnes âgées aux structures de soins de longue durée. Il doit être capable de prendre en compte une prévision du futur lors d’une prise de décision à l’instant  $t$ . Par exemple attendre une place dans une structure pertinente peut être une meilleure solution que de placer la personne âgée immédiatement dans une structure peu adaptée à sa situation. L’occupation à l’instant de décision des structures n’est pas suffisante pour faire le meilleur choix car la dynamique du système est cruciale et n’est pas prise en compte (si de nouvelles places vont se libérer ou non). La situation future dépend de deux facteurs : (i) l’évolution de la population actuelle (changement d’état ou décès) et (ii) les nouvelles arrivées de personnes âgées dans le système.

L’évolution de la population peut être impactée par les choix d’affectation du modèle. Par exemple si une personne âgée requiert une structure très médicalisée et qu’elle est affectée dans une structure non médicalisée alors le risque de voir son état de santé se dégrader et/ou de mourir va augmenter. Pour toutes ces raisons le modèle doit prendre en compte une prédiction du futur.

#### 4.3.1 Horizon de temps

Nous considérons  $H$  composé d’un ensemble de périodes  $t$  de durées égales. Par exemple la durée d’une période peut représenter un mois ou six selon le choix de preneurs de décisions. La première période est la période actuelle et les suivantes sont des périodes fictives générées dans le but de fournir une projection du futur. Les décideurs prennent une décision uniquement pour la première période.

#### 4.3.2 Ensembles

- $I$  : ensemble des personnes âgées indexé par  $i \in \{1, 2, \dots, |I|\}$
- $H$  : ensemble des périodes de l’horizon de temps indexé par  $t \in \{1, 2, \dots, |H|\}$
- $S$  : ensemble des structures indexé par  $j \in \{1, 2, \dots, |S|\}$
- $T$  : ensemble des types de structures indexé par  $f \in \{1, 2, \dots, |T|\}$
- $E$  : ensemble des états de santé indexé par  $e \in \{1, 2, \dots, |E|\}$
- $Z$  : ensemble de scénarios indexé par  $z \in \{1, 2, \dots, |Z|\}$
- $L_i$  : ensemble des structures admissibles par la personne âgée  $i$ , et indexé par  $l = \{1, 2, \dots, |L_i|\}$

### Paramètres

Les structures sont caractérisées par une capacité et un type de structure. Elles sont aussi reliées aux états avec une note de pertinence basé sur une échelle allant de 0 (pire score) à 5 (meilleur score).

- $T_j \in \{T_0, \dots, T_4\}$  : type de la structure  $j$
- $R_{fe} \in \{0, \dots, 5\}$  : pertinence du type de structure  $f$  dans l'état  $e$
- $C_j$  : capacité de la structure  $j$
- $SP_j = 0$  si la structure  $j$  est financièrement abordable par toutes les personnes âgées, 1 sinon

Les paramètres suivants sont utilisés pour définir chaque personne âgée. Pour chaque personne âgée toutes les affectations possibles (pour toutes les structures sur tout l'horizon de temps) sont énumérées (ce sont les séquences de structures). Ensuite des scénarios générés aléatoirement pour déterminer les états pour les périodes suivantes (ce sont les séquences d'états). Les procédures de création de ces séquences seront détaillées dans la section 4.3.3.

- $IS_i$  : structure initiale de la personne âgée  $i$
- $IE_i$  : état initial de la personne âgée  $i$
- $SS_{li}$  : séquence de structures admissible  $l$  de la personne âgée  $i$
- $S_{lit}$  : structure de la séquence de structures admissible  $l$  de la personne âgée  $i$  à la période  $t$
- $HSS_{liz}$  : séquence d'état correspondant à la séquence de structures admissible  $l$  de la personne âgée  $i$  dans le scénario  $z$
- $HS_{litz}$  : état de la séquence d'état correspondant à la séquence de structures admissible  $l$  de la personne âgée  $i$  dans le scénario  $z$  à la période  $t$
- $CH_i = 1$  si la personne âgée  $i$  peut changer de structure, 0 sinon
- $A_{ij} = 1$  si la personne âgée  $i$  peut être affectée à la structure  $j$ , 0 sinon
- $FR_i = 1$  si la personne âgée  $i$  a les ressources financières suffisante pour aller dans une structure onéreuse, 0 sinon
- $CP_{ij}$  : période durant laquelle la personne âgée  $i$  change de structure  $j$  dans la séquence de structure  $l$ . Si la personne âgée change de structure dans  $l$ , alors  $CP_{ij} \in H$ , sinon  $CP_{ij} = \emptyset$
- $P_i$  : date d'arrivée de la personne âgée  $i$ .
- $G_{ilz}$  : pertinence de la séquence de structures  $l$  dans le scénario  $z$  pour la personne âgée  $i$
- $W_i$  : nombre de périodes attendues par la personne âgée sans avoir fait de choix
- $NS_{il} = 1$  si  $CH_i = 1$  et si  $S_{li1} = IS_i$ . Ce paramètre permet de prendre en compte si la personne âgée attend dans sa structure initiale alors qu'elle devrait en changer.

### 4.3.3 Séquences

Nous prenons en compte deux types de séquences : (i) les séquences de structures pour modéliser toutes les possibilités qui s'offrent à la personne âgée en termes d'affectation et (ii) les séquences d'état pour modéliser la possible évolution de l'état d'un patient en choisissant une séquence de structures.

**Définition 5 (Séquences de Structures)** : une séquence de structures  $SS_{li}$  est le  $l$ -ème enchainement de structures possible pour la personne âgée  $i$  et est notée  $SS_{li} = \langle S_{li1}, \dots, S_{lit}, \dots, S_{li|H|} \rangle$  où  $S_{lit}$  est la structure de la  $l$ -ème SS de  $i$  à la période  $t$ .

**Exemple 1**  $SS_{21} = \langle 1, 1, 3, 3, 3 \rangle$  signifie que la personne âgée 1 reste dans la structure 1 aux périodes 1 et 2 et change pour la structure 3 pour les périodes 3, 4 et 5. Cela représente une potentielle affectation pour la personne âgée. Si cette séquence est choisie alors l'affectation retenue sera de rester dans la structure 1 car la période de changement de structure est la période 3.

**Définition 6 (Séquence d'états)** une séquence d'états  $HSS_{liz}$  est une possible séquence d'évolution de l'état de la personne âgée  $i$  dans un scénario  $z$  et est notée  $HSS_{liz} = \langle HS_{li1z}, \dots, HS_{litz}, \dots, HS_{li|H|z} \rangle$  où  $HS_{litz}$  est l'état de la personne âgée  $i$  à la période  $t$  dans le scénario  $z$ .

**Exemple 2**  $HSS_{461} = \langle 1, 1, 1, 1, 2 \rangle$  signifie que la personne âgée 6 reste dans le même état pendant les périodes 1 à 4, et décline dans l'état 2 à la période 5. Cette séquence d'état prends en compte la structure de la personne âgée à la période  $t$  dans la séquence de structures  $SS_{li}$ . Cette séquence d'états n'est valable que dans le scénario 1 et il en est généré autant que le nombre de scénarios choisis  $|Z|$ .

La prochaine étape consiste à énumérer toutes les structures de séquences possibles pour une personne âgée  $i$ . Le but du modèle d'optimisation sera ensuite de choisir pour chaque personne âgée la meilleure séquence de structures par rapport à l'évolution de son état pour tous les scénarios.

#### 4.3.4 Enumération des séquences de structures

Les séquences de structures modélisent les différentes options d'affectations à une structure dans le temps. Nous considérons deux possibilités pour une personne âgée qui nécessite une structure plus adaptée : (i) rester dans sa structure actuelle en attendant une place disponible ou (ii) être affecté dans une nouvelle structure. Nous autorisons d'attendre plusieurs périodes avant une affectation cependant une personne âgée ne peut changer de structure qu'une seule fois sur tout l'horizon de temps (sauf si son état se détériore à nouveau). Nous faisons également les hypothèses suivantes :

**Hypothèse 1 (Pertinence des structures)** Pour être affecté à une nouvelle structure, celle ci doit être plus pertinente que la structure actuelle ( $R_{T_j IHS_i} > R_{T_{IS_i} IHS_i}$ ). La pertinence de la structure  $j$  pour une personne âgée  $i$  est basée sur le type de structures  $T_j$  et l'état initial de la personne âgée  $IHS_i$ . L'échelle de ce score va de 0 pour un type structures non-adaptée jusqu'à 5 pour le type de structures le plus adapté. Dans notre cas nous devons comparer  $R_{T_j IHS_i}$  à la situation actuelle. La pertinence de la structure  $j$  doit être strictement supérieure à celle de la structure initiale de la personne âgée  $IS_i$ . Nous n'autorisons pas le changement de structures à une pertinence identique.

**Hypothèse 2 (Coût des structures)** Pour être affecté à une nouvelle structure, une personne âgée doit être capable de financer son séjour ( $SP_j \leq FR_i$ ). Une personne âgée peut être placée dans une structure onéreuse ( $SP_j = 1$ ) uniquement si ses ressources

financière le permettent ( $FR_i = 1$ ). Cependant cela n'empêche pas les personnes âgées avec de bon moyen financiers d'aller dans une structure plus abordable si la pertinence selon l'état de santé est bonne.

**Hypothèse 3 (Environnement social et mobilité)** *L'environnement social de la structure doit être compatible avec celui de la personne âgée ( $A_{ij} = 1$ ). Cette hypothèse peut être assimilé à un problème géographique. Par exemple si une personne âgée est affecté à une structure éloignée de son domicile actuel alors cela peut la couper de son entourage (amis et famille). Cependant dans certain cas affecter une personne âgée à une nouvelle structure peut être une opportunité pour le rapprocher de ses proches. Par exemple dans le milieu rural il est fréquent que les enfant soient partis dans les villes pour travailler. Dans cette situation trouver une structure en ville peut être bénéfique pour plus de proximité. Pour ces raisons nous avons décidé de laisser ce paramètre  $A_{ij}$  binaire. Cela autorise les décideurs à adapter leur modèle pour chaque cas particulier.*

La procédure d'énumération des structures est décrite dans l'algorithme 6. Chaque personne âgée a au moins une séquence de structure dans laquelle elle reste dans sa structure initiale pendant tout l'horizon de temps (lignes 1-3). Ensuite pour toutes les structures admissibles (celles qui respectent les trois hypothèses précédentes) et pour chaque période où le patient peut changer de structure (lignes 4-7), une nouvelle séquence est générée (lignes 8-14).

---

**Algorithm 6** Enumeration of SS for EP  $i$

---

```

1: for all  $t$  do
2:    $S_{1it} \leftarrow IS_i$ 
3: end for
4: for  $l \in \{2, \dots, |L_i|\}$  do
5:   for all  $j$  do
6:     if  $R_{T_j IHS_i} > R_{T_{IS_i} IHS_i}$  and  $SP_j \leq FR_i$  and  $A_{ij} = 1$  then
7:       for all  $CP_{ij} \in H$  do
8:         for all  $t$  do
9:           if  $t < CP_{ij}$  then
10:             $S_{lit} \leftarrow IS_i$ 
11:          else
12:             $S_{lit} \leftarrow j$ 
13:          end if
14:        end for
15:      end for
16:    end if
17:  end for
18: end for

```

---

**Exemple 3** *Nous prenons l'exemple d'une personne âgée ( $i = 1$ ) avec de faibles revenus financiers ( $FR_1 = 0$ ). Nous considérons 5 structures possibles, deux du type 1 et trois du type 2 ( $T_1 = 1$ ,  $T_2 = 1$ ,  $T_3 = 2$ ,  $T_4 = 2$ ,  $T_5 = 2$ ). La personne âgée  $i$  est actuellement dans la structure 1 et son état requiert en priorité une structure de type 2. Elle n'a pas les ressources nécessaires pour aller dans la structure 4 (hypothèse 2) et la structure 3 n'est*



pas souhaitable pour ne pas l'isoler socialement (hypothèse 3). De plus comme elle est déjà dans une structure de type 1 elle ne peut pas rejoindre la structure 2 qui possède le même score de pertinence (hypothèse 1). Au final la seule structure possible est la structure 5 et la personne âgée peut y être affectée à chaque période de l'horizon de temps. La liste des séquences de structures admissibles pour  $i$  est présentée dans le tableau 4.3.

TABLE 4.3 – Exemple d'une énumération de séquences de structures

$l$	$SS_{l1}$
1	$\langle 1, 1, 1, 1 \rangle$
2	$\langle 5, 5, 5, 5 \rangle$
3	$\langle 1, 5, 5, 5 \rangle$
4	$\langle 1, 1, 5, 5 \rangle$
5	$\langle 1, 1, 1, 5 \rangle$

#### 4.3.5 Génération des séquences d'états

Les séquences d'états fournissent une projection possible de l'état de la personne âgée en fonction de la séquence de structures  $SS_{li}$ . Si la structure appartient à un type qui n'est pas pertinent par rapport à l'état de la personne âgée alors le risque de déclin vers un état plus critique est plus important. Pour cette raison, le modèle doit prendre en compte l'impact de l'affectation dans les structures pour estimer les états futurs. Les séquences d'états sont des composants stochastiques de notre modèle. Pour chaque personne âgée et chaque séquence de structures nous générons une liste de séquences d'états selon un nombre donné de scénarios. Chaque séquence est générée en utilisant une chaîne de Markov que présente la figure 4.1.

Chaque état de cette chaîne de Markov représente un couple type de structures/état de la personne âgée. Par exemple l'état "1,1" est un état de la chaîne qui représente une personne âgée dans une structure de type 1 et un état 1. Ainsi la probabilité de changer d'état ne sera pas la même selon le type de structure dans lequel est la personne âgée.

**Exemple 4** : Nous considérons les trois premières séquences de structures étudiées dans l'exemple précédent (tableau 4.3) On prend un nombre de scénarios  $|Z| = 3$  et un état initial  $IHS_1 = 2$ . Le tableau 4.4 montre de possibles séquences d'états dans cet exemple particulier. Nous pouvons voir que si la personne âgée reste dans sa structure actuelle  $SS_{11}$  alors le risque de mort est élevé : pour tous les scénarios de cet exemple la personne âgée atteint l'état représentant la mort. Pour  $SS_{21}$ , la personne âgée est directement affectée à la structure la plus adaptée. L'état du patient a tendance à rester le même ( $HSS_{211}, HSS_{213}$ ) même s'il est toujours possible de voir son état décliner ( $HSS_{212}$ ). Pour  $SS_{13}$ , la personne âgée attend une période avant d'être affectée à la meilleure structure possible. Le risque de dégradation de l'état de santé est donc plus important à la première période ( $HSS_{312}, HSS_{312}, \dots$ ).

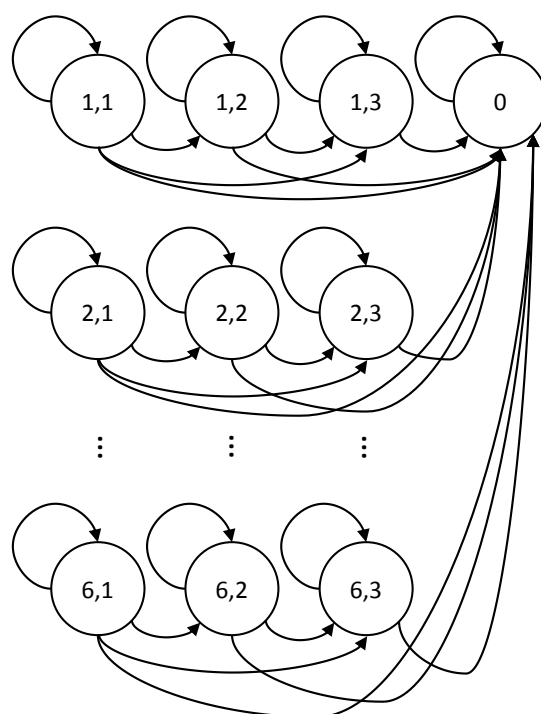


FIGURE 4.1 – Chaîne de Markov pour les transition d'états

### 4.3.6 Création de nouvelles personnes âgées

Dans ce modèle, les décisions à appliquer dans le cas réel concernent uniquement la première période. Cependant les autres périodes sont également prises en compte pour intégrer l'impact de l'affectation dans le futur. Durant ces périodes la population évolue : certaines personnes âgées meurent (et donc quittent le système) et de nouveaux sujets âgés ont besoin de structures (arrivent dans le système). Le paramètre  $P_i$  est utilisé pour indiquer la période d'arrivée dans le système d'une personne âgée  $i$ . Si  $P_i = 1$  alors cela signifie que la personne âgée fait partie de la population initiale. Si  $P_i > 1$  cela signifie que la personne âgée  $i$  est arrivée durant une période fictive et ne fait donc pas partie de la population réelle.

Chaque nouvelle personne âgée  $i$  a des paramètres similaires à ceux d'une personne âgée de la population initiale. Les ressources financières  $FR_i$ , le facteur social  $A_{ij}$  et l'état du patient  $IHS_i$  sont générés aléatoirement suivant les paramètres choisis par les décideurs. Le type de la structure initiale est toujours le domicile non adapté ( $T_j = 1$ ). Pour chaque nouvelle personne âgée nous créons donc de nouvelles séquences de structures obtenues par l'algorithme 7.

**Exemple 5** Prenons l'exemple d'une nouvelle personne âgée créée à la période 2 ( $P_i = 2$ ). Le nombre de séquences de structures est  $|L_i| = 4$  ( $|L_i| = 1 + (|H| - (P_i - 1)) = 1 + 4 - 1 = 4$ ). La première séquence de structures est celle où la personne âgée reste dans sa structure initiale pendant toute la séquence. Les séquences suivantes sont ensuite énumérées dans le but de couvrir toutes les possibilités de placements (toutes les structures admissibles et à tous moments). Le tableau 4.5 présente la séquence de structure générée dans cet exemple. Les structures d'états sont également générées de la même manière que dans la section 4.3.4 .

TABLE 4.4 – Exemple de génération des Séquences d'Etats

Séquences de Structures et d'Etats	Séquences
$SS_{11}$	$\langle 1, 1, 1, 1 \rangle$
$HSS_{111}$	$\langle 0, 0, 0, 0 \rangle$
$HSS_{112}$	$\langle 2, 3, 0, 0 \rangle$
$HSS_{113}$	$\langle 3, 0, 0, 0 \rangle$
$SS_{21}$	$\langle 5, 5, 5, 5 \rangle$
$HSS_{211}$	$\langle 2, 2, 2, 2 \rangle$
$HSS_{212}$	$\langle 2, 2, 2, 3 \rangle$
$HSS_{213}$	$\langle 2, 2, 2, 2 \rangle$
$SS_{31}$	$\langle 1, 5, 5, 5 \rangle$
$HSS_{311}$	$\langle 2, 2, 2, 2 \rangle$
$HSS_{312}$	$\langle 3, 3, 3, 0 \rangle$
$HSS_{313}$	$\langle 3, 3, 3, 3 \rangle$

TABLE 4.5 – Exemple d'énumération de séquences de structures d'une personne âgée qui arrive en période 2

	Séquences de structures $SS_{li}$
$SS_{1i}$	$\langle -, 1, 1, 1 \rangle$
$SS_{2i}$	$\langle -, 5, 5, 5 \rangle$
$SS_{3i}$	$\langle -, 1, 5, 5 \rangle$
$SS_{4i}$	$\langle -, 1, 1, 5 \rangle$

### 4.3.7 Formulation mathématique

Nous utilisons un Programme Linéaire en nombres entiers pour résoudre le problème d'affectation aux structures en optimisant la pertinence du placement. Dans ce cas la pertinence signifie trouver la meilleure structure pour la personne âgée en fonction de son état de santé (ce qui correspond au paramètre  $R_{fe}$ ).

#### Variables de décisions

- $X_{ilz} = 1$  si la personne âgée  $i$  est affectée à la séquence de structures  $l$  dans le scénario  $z$ .

#### Fonction objectif

La fonction objectif consiste à maximiser la pertinence des placements en structure résidentielle. Pour cela nous utilisons le paramètre  $G_{ilz}$  pour évaluer la pertinence d'une séquence de structures  $l$  dans un scénario  $z$ .

L'équation 4.1 montre comment se calcule ce paramètre. Pour chaque personne âgée, chaque séquence de structures et chaque scénario il faut additionner les pertinences de

---

**Algorithm 7** Déterminer  $|L_i|$  et  $SS_{li}$  pour les nouvelles personnes âgées
 

---

```

1:  $|L_i| = 1$ 
2: for all  $j$  do
3:   if  $R_{T_j IHS_i} > R_{T_{IS_i} IHS_i}$  and  $SP_j \leq FR_i$  and  $A_{ij} = 1$  then
4:      $|L_i| \leftarrow |L_i| + |H| - (P_i - 1)$ 
5:   end if
6: end for
7: for  $l = 1$  do
8:   for  $t = 1$  to  $P_i - 1$  do
9:      $S_{lit} \leftarrow \emptyset$ 
10:  end for
11:  for  $t = P_i$  to  $|H|$  do
12:     $S_{lit} \leftarrow IS_i$ 
13:  end for
14: end for
15: for  $l = 2$  to  $|L_i|$  do
16:  if  $R_{T_j IHS_i} > R_{T_{IS_i} IHS_i}$  and  $SP_j \leq FR_i$  and  $A_{ij} = 1$  then
17:    for  $CP_{il} = P_i$  to  $|H|$  do
18:      for  $t = 1$  to  $t = P_i - 1$  do
19:         $S_{lit} \leftarrow \emptyset$ 
20:      end for
21:      for  $t = P_i$  to  $|H|$  do
22:        if  $t < CP_{ij}$  then
23:           $S_{lit} \leftarrow IS_i$ 
24:        else
25:           $S_{lit} \leftarrow j$ 
26:        end if
27:      end for
28:    end for
29:  end if
30: end for

```

---

toutes les périodes de l'horizon en prenant en compte les type de structures ( $T_{S_{lit}}$ ) ainsi que l'état dans le scénario  $HS_{lit}$ .

La fonction objectif calculée avec l'équation 4.2 est la somme des pertinences pour toutes les séquence  $l$  qui ont été choisies, pour tous les scénarios  $z$  et pour toutes les personnes âgées  $i$ . Nous prenons aussi en compte le nombre période d'attente de la personne âgée dans sa structure actuelle ( $W_i$ ) et si elle a besoin de changer de structure ( $NS_{il}$ ). Nous utilisons le coefficient  $\alpha$  pour réduire l'importance de ce critère qui doit avoir son importance uniquement si une place est en jeu entre deux personnes âgées. Dans ce cas là celui ou celle qui attend depuis le plus longtemps est privilégié(e). Ce coefficient est donc volontairement très faible (0,01 dans notre cas).

$$G_{ilz} = \sum_{t=1}^{|H|} R_{T_{S_{lit}} HS_{lit}} \quad \forall l, i, z \quad (4.1)$$

$$\max \sum_i^{|I|} \sum_l^{|L_i|} \sum_z^{|Z|} X_{ilz} \times (G_{ilz} + (\alpha \times NS_{il} \times W_i)) \quad (4.2)$$

### Contraintes

$$\sum_{l=1}^{|L_i|} X_{ilz} = 1 \quad \forall i, z \quad (4.3)$$

$$\sum_{t=1}^{|H|} \sum_{l \in L_i, S_{lit}=j} X_{ilz} \times \min(1, HS_{litz}) \leq C_j \quad \forall i, z, j \quad (4.4)$$

$$\sum_{l=1}^{|L_i|} X_{ilz} \times S_{li1} = X_{ilz+1} \times S_{li1} \quad \forall i, z \quad (4.5)$$

La première contrainte (équation 4.3) assure qu'une personne âgée sera affectée à une et une seule structure par scénario (cette structure peut être sa structure actuelle). La deuxième contrainte (équation 4.4) assure que la capacité de la structure  $j$  ( $C_j$ ) ne sera pas dépassée. Pour éviter de prendre en compte les personnes âgées décédées dans un scénario précis nous multiplions  $X_{ilz}$  par le minimum entre 1 et l'état à la période  $t$  dans la séquence d'état. Comme l'état représentant la mort est l'état 0, si la personne âgée est décédée alors elle ne sera pas prise en compte dans l'occupation de la structure.

La troisième contrainte (équation 4.5) assure que la structure de la première période soit la même dans tous les scénarios d'une personne âgée. Le but de ce modèle est de donner une affectation aux preneurs de décisions et ils ont à faire un choix uniquement pour la première période (période représentant la prise de décision). Les autres sont fictives ne sont là que pour donner une projection de la population future. Il n'est donc pas nécessaire que les affectations soient les mêmes sur celles-ci. Il est donc possible de choisir deux séquences de structures différentes pour la même personne âgée mais à condition de respecter la contrainte exprimée dans l'équation 4.5. Par exemple, pour la même personne âgée il est possible de choisir les deux séquences de structures  $\langle 1, 5, 5, 5 \rangle$  et  $\langle 1, 1, 1, 5 \rangle$  car la première structure est la même. La prise de décision est donc de laisser la personne âgée dans la structure 1.

### 4.3.8 Résumé

La procédure d'optimisation stochastique est divisée en différentes étapes détaillées dans la figure 4.2 . La première étape est d'initialiser la population initiale. Ensuite les séquences de structures sont énumérées en prenant en compte toutes les affectations possibles sur l'horizon de temps. Les séquences d'états sont également créées pour chaque séquence de structure et chaque scénario selon la chaîne de Markov et la situation de la personne âgée (structure initiale et état). De nouvelles personnes âgées fictives sont également générées pour que le modèle prenne en compte l'évolution de la population. Pour chaque nouvelle personne âgée sont créées de la même manière les séquences de structures et les séquences d'états. Le Programme Linéaire en Nombre Entiers résout le problème

pour tout l'horizon. Les décideurs prennent ensuite en compte le résultat de la première période pour faire le choix d'affectation pour chaque personne âgée.

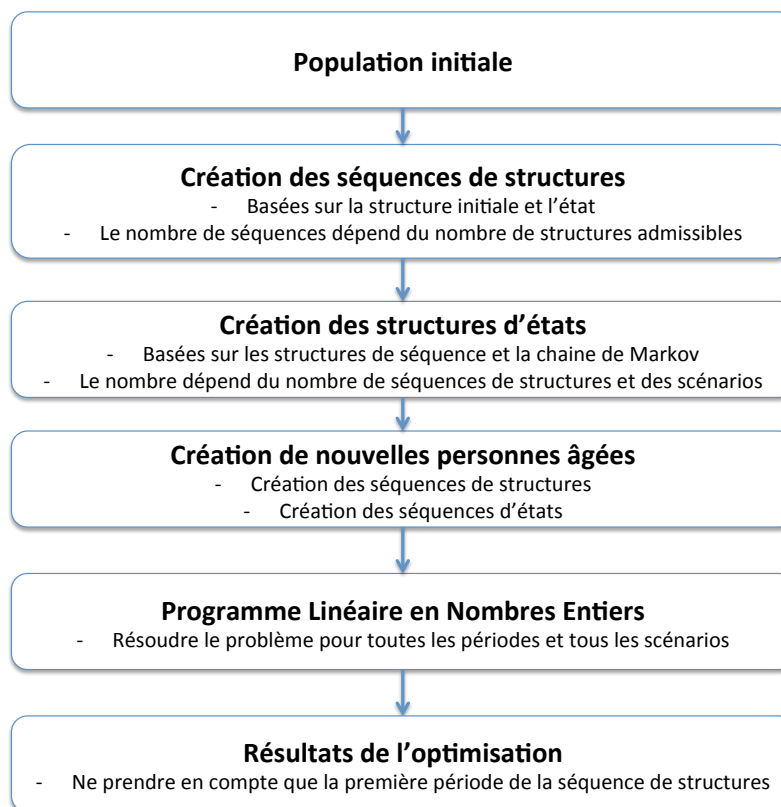


FIGURE 4.2 – Résumé des différentes étapes du modèle d'optimisation

## 4.4 Evaluation des décisions par la simulation

### 4.4.1 Motivation

Le modèle d'optimisation présenté dans la section précédente a pour but de trouver la meilleure affectation pour une population de personnes âgées. Cependant la pertinence du placement doit être mesurée sur le long terme pour pouvoir évaluer l'efficacité d'une affectation.

A chaque période une personne âgée peut-être : (i) affectée à une nouvelle structure ou (ii) rester dans sa structure actuelle en attendant une place disponible dans une structure plus adaptée à son état de santé. Dans le deuxième cas le risque de déclin vers un autre état est plus important mais ce choix peut être déterminant pour l'avenir. Par exemple si une personne âgée vivant dans un domicile non-équipé nécessite une structure très médicalisée alors il/elle reste dans cette situation le risque de mourir est grand. Cependant équiper sa maison ou le placer dans une résidence autonomie améliorera légèrement les risques ceux ci resteront élevés. Si au contraire la personne âgée obtient une place en USLD en attendant quelques périodes alors l'attente est bénéfique car elle permet une meilleure prise en charge sur le long terme.

Pour évaluer l'efficacité de l'optimisation il faut prendre en compte l'évolution de la population âgée sur plusieurs périodes. Pour répondre à ce problème nous proposons un modèle de simulation stochastique à temps discret. Pour chaque période de l'optimisation nous optimisons l'affectation en utilisant le modèle de la section précédente puis les paramètres de la population sont mis à jour en fonction des résultats.

#### 4.4.2 La procédure de Simulation

Pour le modèle de simulation nous devons prendre en compte de nouveaux paramètres :

- $SH$  : horizon de temps de la simulation (longueur de la réplication)
- $SIMH$  : ensemble des périodes de la simulation indexé par  $a \in \{1, 2, \dots, SH\}$
- $SIMS_{ia}$  : structure de la personne âgée  $i$  à la période de la simulation  $a$
- $SIMHS_{ia}$  : Etat de la personne âgée  $i$  à la période de la simulation  $a$

La procédure de simulation est présentée dans la figure 4.3. Pour chaque période de la simulation  $a$  le modèle d'optimisation est initialisé avec les résultats de la période précédente. Cette procédure est détaillée dans l'algorithme 8. Ensuite la procédure d'optimisation est déclenchée dans le but de trouver la meilleure affectation possible pour la population de personnes âgées. Cette affectation est l'output de cette phase. Si la structure à la période  $a$  est différente de la structure à la période  $a - 1$ , la personne âgée change de structure. La personne âgée ne peut donc plus changer de structure ( $CH_i = 0$ ) car nous n'autorisons qu'un seul changement de structure sur l'horizon de temps par état. Si la personne âgée change d'état elle pourra à nouveau changer de structure. Après cette étape la chaîne de Markov est utilisée pour faire évoluer la population. Cette procédure est décrite par l'algorithme 9. De nouvelles personnes âgées sont ensuite générées et automatiquement affectées au type  $T_1$  (domicile non-adapté) à un état aléatoire. Toutes les nouvelles personnes âgées peuvent changer de structure ( $CH_i = 1$ ) parce que le domicile non adapté n'est jamais une solution satisfaisante pour la catégorie de personnes que nous prenons en compte. Les paramètres des ressources financières ainsi que l'environnement social ( $FR_i, A_{ij}$ ) sont également initialisés suivant les caractéristiques démographiques de la population observée.

Les étapes d'initialisation, optimisation, de mise à jour et de création sont répétées pour chaque période de simulation  $a$  jusqu'à ce que la durée totale de la simulation soit atteinte ( $SH$ ). Les résultats sont analysés en prenant en compte plusieurs réplications et suivant plusieurs indicateurs de performance sur le long terme.

---

**Algorithm 8** Initialisation de  $IS_i$  et  $IHS_i$  à chaque période

---

**Require:**  $SIMS_{ia-1}$  and  $SIMHS_{ia-1}$

**Ensure:**  $IS_i$  and  $IHS_i$

**for all**  $i$  **do**

$IS_i \leftarrow SIMS_{ia-1}$

$IHS_i \leftarrow SIMHS_{ia-1}$

**end for**

---

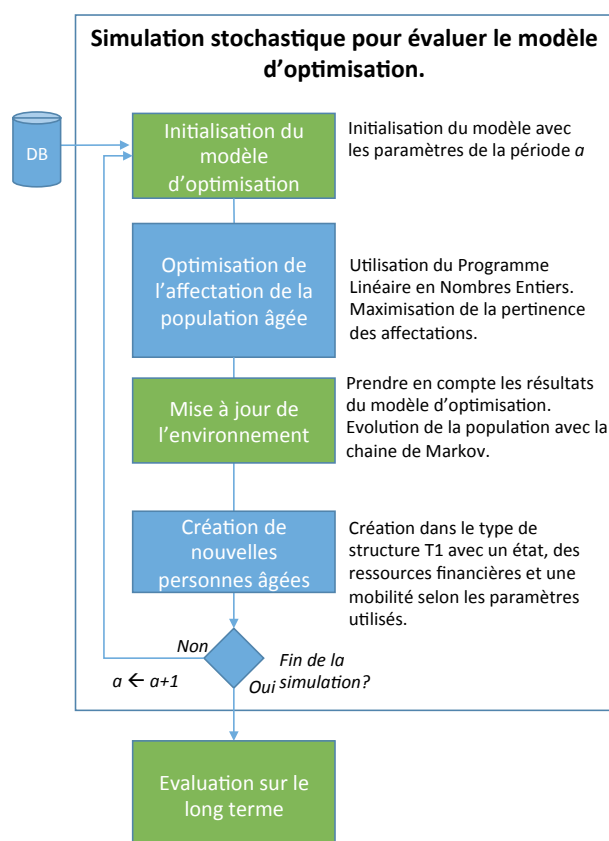


FIGURE 4.3 – Procédure de Simulation

### 4.4.3 Indicateurs de Performance

Pour évaluer les effets des placements sur le long terme nous devons considérer des KPIs (Key Performance Indicator) différents de la fonction objectif du modèle d'optimisation. Ces KPIs ont été déterminés avec les praticiens et les agences de santé pour évaluer l'impact tactique des décisions.

**KPI 1 (Le nombre de choix)** Nombre de choix de placement de personnes âgées qui ont été réalisés. En d'autres termes il s'agit du moment où la valeur de  $CH_i$  passe de 1 à 0.

**KPI 2 (La pertinence moyenne des choix)** Moyenne du score de la pertinence ( $R_{fe}$ ) des choix effectués. Nous ne prenons en compte que les personnes âgées concernées par le KPI 1

**KPI 3 (Le nombre de choix pertinents)** Le nombre de choix pertinents est calculé en compléments du KPI 2. Nous considérons un choix comme pertinent si le score de pertinence  $R_{fe}$  est égale à 4 ou 5.

**KPI 4 (Le nombre de choix non pertinents)** A l'inverse du KPI 3 nous prenons ici en compte les choix non pertinents, c'est à dire quand le score de pertinence  $R_{fe}$  inférieur ou égale à 2.



---

**Algorithm 9** Procédure de mise à jour
 

---

**Require:**  $S_{li1}$ **Ensure:**  $SIMS_{ia}$ **for all**  $i$  **do** $SIMS_{ia} \leftarrow S_{li1}$  $SIMHS_{ia} \leftarrow MarkovChain$ **if**  $SIMS_{ia} \neq SIMS_{ia}$  **then** $CH_i \leftarrow 0$ **end if****end for**


---

**KPI 5 (Durée de vie dans un état)** *Pour chaque état nous mesurons la durée de vie des personnes âgées avant de décliner. Ne sont pris en compte que les personnes âgées qui ont changé d'état.*

## 4.5 Résultats Numériques

### 4.5.1 Paramétrage du modèle

Comme dans le chapitre précédent, il est très difficile d'obtenir des données pertinentes pour notre étude. Nous basons les états de santé sur la demande de la personne âgée ce qui n'est pas référencée dans les bases de données. Comme nous souhaitons avant tout tester le modèle sur un plan théorique et analyser son fonctionnement, nous avons décidé d'utiliser des paramètres similaires pour tous les états et toutes les structures.

Pour chaque type de structures il y a 100 places sur le territoire. Ces 100 places sont divisées en 4 structures de 25 places. Deux structures demandent des moyens financiers importants (seulement pour les personnes âgées fortunées) et les deux autres sont considérées comme abordables (accessibles à tous). L'instance est composée de 360 personnes âgées également réparties dans les 3 états. A chaque début de simulation 100 personnes âgées ont donc accès à la structure la plus adaptée à leur état et 20 doivent être placées ailleurs ou être mises en attente. A  $t = 0$ , il y a 50% de personnes fortunées et 50% de personnes défavorisées. Cette initialisation permet de réaliser l'échauffement du modèle en remplissant les établissements et d'aboutir à une situation initiale réaliste. Estimer les probabilités de transition d'un état à un autre est très difficile du fait de la caractérisation de nos états qui est la demande en structure. Par exemple une information comme la durée de vie d'une personne âgée en EHPAD qui nécessiterait une médicalisation de leur prise en charge au niveau pratiqué en USLD n'est pas accessible car simplement inexistante. Nous avons donc paramétré notre chaîne de Markov en respectant les indications des spécialistes de santé. Par exemple une personne âgée dans l'état 3 a plus de chance de rester dans cet état si elle est admise dans une USLD que dans une RA. Les probabilités de transition sont présentées dans l'annexe C.

### 4.5.2 Plan d'expériences

Nous évaluons le modèle selon différents scénarios en faisant varier plusieurs paramètres comme le taux de nouvelles personnes âgées qui sont dans une situation financière

favorable ( $FR_i$ ) ou le taux de mobilités pour la raison de l'environnement social ( $A_{ij}$ ). Dans le premier cas un taux de 75% signifie que 75% des personnes âgées ont des ressources financières importante. Pour la mobilité, un taux de mobilité de 80% signifie qu'une personne âgée a 80% de chances d'être affectable à une structure lors de sa génération. Nous considérons 2 niveaux de personnes âgées avec des ressources financières importantes : 50% (pour un territoire défavorisé) et 75% (pour un territoire favorisé) ainsi que 4 niveaux de mobilité (20%, 50%, 80% et 100%). Le tableau 4.6 présente ces différentes configurations.

TABLE 4.6 – Configurations des paramètres

Configurations	Taux de personnes défavorisées	Taux de mobilité
1	50%	100%
2	50%	80%
3	50%	50%
4	50%	20%
5	75%	100%
6	75%	80%
7	75%	50%
8	75%	20%

Ces configurations sont ensuite testées avec différentes valeurs de  $|H|$  qui correspond à l'horizon de temps du modèle d'optimisation. Donc nous faisons varier la longueur des séquence de structures et d'états ce qui consiste à se projeter plus ou moins tard sur l'état de la population future. Nous faisons varier ce nombre de période de 1 à 5. Lorsque  $|H| = 1$  le modèle ne fait pas de projection et place la personne âgée dans la meilleure structure disponible à la période  $t$ . L'attente n'est pas autorisée dans cette situation car le modèle préférera toujours placer la personne âgée dans la structure représentant le domicile adapté plutôt que le domicile non adapté. Nous comparons le modèle avec un algorithme simple basé sur un mode de fonctionnement FIFO (First In First Out). Cet algorithme est présenté dans l'annexe D.

### 4.5.3 Résultats quantitatifs

Dans cette section nous allons présenter les résultats pour chaque KPI évoqués dans la section 4.4.3..

#### Résultats du KPI1 : Le nombre de choix (de placements)

Nous observons dans la figure 4.4 que l'algorithme simple (FIFO) et le modèle affectent le plus de personnes définitivement (font un choix). Cette situation est normale car elle concerne les deux tests (algo et modèle à 1 période) qui ne permettent pas l'attente et affectent automatiquement à une structure (au pire des cas le domicile équipé). Dans ces configurations le nombre de personnes âgées placées reste stable autour de 270 personnes âgées. Pour les tests avec plus de périodes prises en compte dans le modèle d'optimisation on peut observer un nombre de placements moins importants. Dans ces configurations l'attente est possible donc les personnes âgées ne sont pas forcément affectées à une

structure. Le nombre de choix effectués est approximativement de 210 personnes pour  $|H| = 2$  périodes quand le taux de personnes fortunées est de 50% (scénarios 1 à 4) et de 190 quand ce taux est à 75% (scénarios 5 à 9). On peut expliquer cela par le choix de structures plus important à 75% car ces personnes âgées ont les moyens financiers pour être affectées dans toutes les structures (abordables ou non). Le modèle prédit donc plus d'opportunités pour les périodes suivantes et donc plus d'attentes (et moins de choix réalisés). Lorsque l'on réduit la mobilité de la population (scénarios 4 et 9) alors le nombre de choix de placements tend à augmenter. Ces dernières observations sont vraies pour toutes les configurations à plus de 2 périodes d'optimisation.

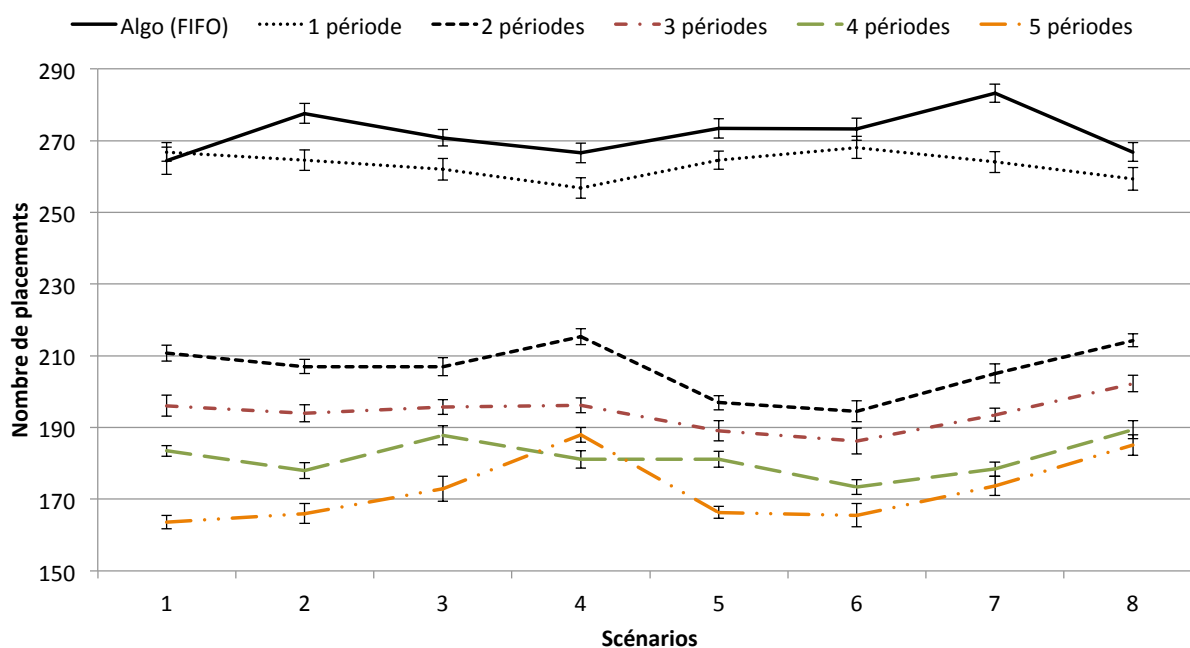


FIGURE 4.4 – KPI1 : nombre de choix (de placements)

### Résultats du KPI2 : Score moyen des choix (des placements)

Nous remarquons dans la figure 4.5 que plus le nombre de placements est faible et plus ce KPI a de bons résultats. Cela signifie que dans les configurations avec les meilleurs scores moyen le modèle tend à affecter les personnes âgées dans des structures uniquement si elle sont adaptées à son état de santé. Quand le taux de mobilité diminue (scénarios 4 et 9) alors ce KPI diminue également. On explique cela par la diminution du nombre d'opportunités dans les projections qui pousse le modèle à affecter plus vite les personnes âgées par sécurité. Le pire scénario est celui de l'algorithme simple (FIFO) avec un score aux alentours de 3. Nous pouvons expliquer cela par deux facteurs : (i) cette méthode affecte toutes les personnes âgées à une structure et (ii) elle ne prend pas en compte la situation globale de la population. Par exemple avec cette configuration on peut affecter une personne âgée aisée à une structure abordable alors qu'une personne âgée défavorisée mais arrivant après dans l'ordre d'arrivée a besoin du même type de structure. Le modèle d'optimisation à une période n'autorise pas l'attente mais permet de régler ce problème

en affectant les personnes âgées en fonction de la situation financière globale de la population. Ceci est confirmé par un meilleur score moyen même si cette configuration est en dessous du modèle d'optimisation avec des projections sur plusieurs périodes. Ainsi ces deux scénarios ont plus de placements mais moins pertinents.

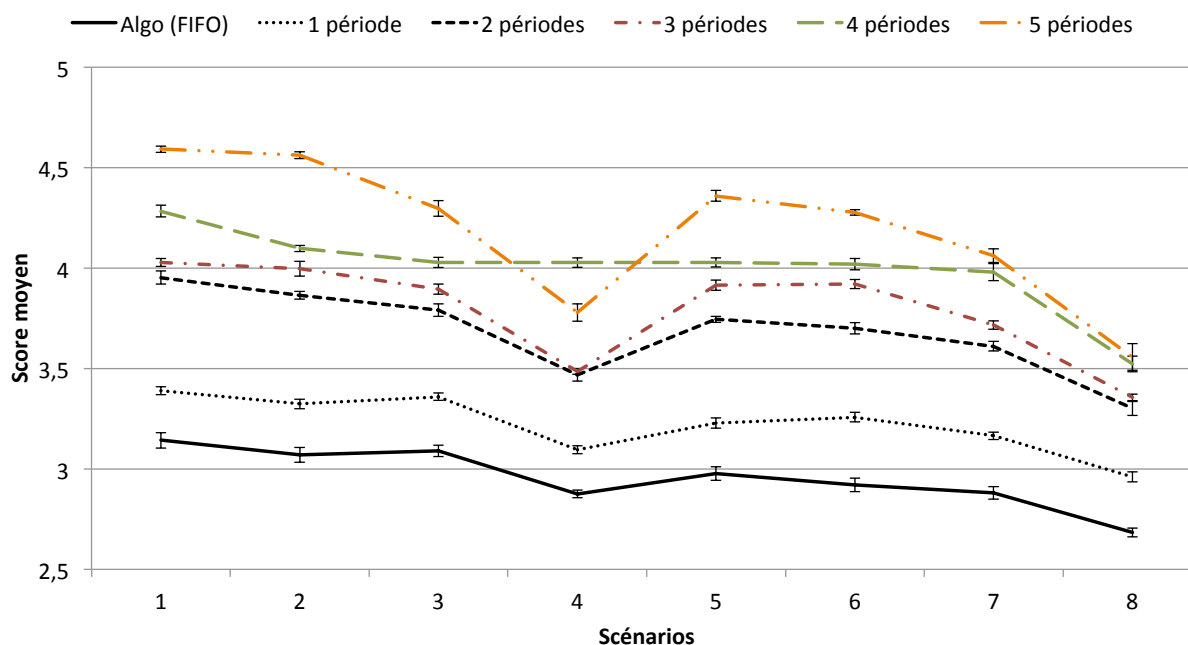


FIGURE 4.5 – KPI2 : score moyen des choix (des placements)

### Résultats du KPI3 : Nombre de bons placements

Les résultats de ce KPI sont surprenants parce que le modèle d'optimisation avec une seule période d'optimisation est au moins aussi bon que les modèles d'optimisation avec plusieurs périodes de projection. Quand la population est au maximum composée de personnes âgées fortunées (5 à 9) ce scénario possède le plus de bons placements. On peut supposer que le nombre élevé de placements occasionne plus de bons placements. Pour les autres scénarios avec plus de périodes d'optimisation le meilleur scénario est celui avec 5 périodes. C'est celui qui laisse le plus de chances aux personnes âgées car il prend en compte plus d'opportunités dans le temps. Les plus mauvais résultats sont ceux de l'algorithme simple (FIFO). Cependant ce modèle est celui qui fait le plus de placements mais il ne fait pas pour autant de bons placements contrairement au modèle d'optimisation avec 1 seule période de projection. Il n'est donc pas possible d'expliquer cette particularité en observant uniquement ce KPI.

### Résultats du KPI4 : Nombre de mauvais placements

L'algorithme simple a le plus grand nombre de mauvais placements. On peut l'expliquer par son grand nombre de placements à cause de son impossibilité d'attente. La deuxième plus mauvaise configuration est celle avec 1 période de projection dans le modèle d'optimisation. Enfin le modèle d'optimisation avec 5 périodes de projection fait moins de

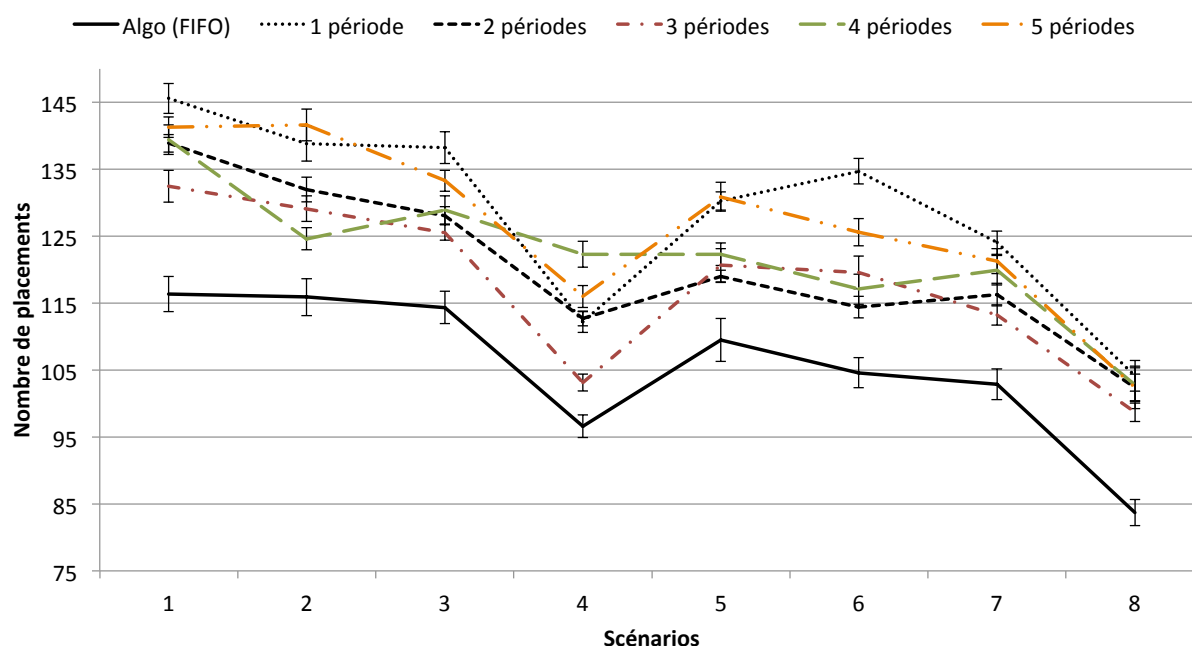


FIGURE 4.6 – KPI3 : nombre de bons placements

mauvais placements mais il est également celui qui fait le moins de placements (comme nous l'avons vu avec le KPI1).

### Résultats du KPI5 : Durée de vie dans les différents états (exemple de l'état 3)

Nous allons ici uniquement présenter les résultats de l'état 3 pour ce KPI car pour les deux autres états il n'y a pas de différences significatives entre les scénarios. On peut voir que l'algorithme simple et le modèle d'optimisation avec 1 période de projection ont les plus mauvais résultats en terme de durée de vie dans l'état 3. On peut supposer que ceci est la conséquence du nombre élevé de placements non pertinents observés pour le KPI4. Dans l'état 3 (besoin d'une structure très médicalisée), si la personne âgée est affectée à une structure non adaptée alors le risque de mourir rapidement est important. Le cas du modèle d'optimisation à 5 périodes de projection est intéressant parce que les résultats sont mitigés quand les populations de personnes aisées et défavorisées sont équilibrées (1 à 4). On peut expliquer cela par le fait que cette configuration affecte moins de personnes âgées (KPI1) ainsi le nombre d'attentes dans une structure non adaptée est plus important et le risque de décès devient plus grand. Quand la population est plus fortunée (5 à 9) alors ce scénario retrouve des performances à la hauteur des autres configurations car les opportunités de placements sont plus nombreuses et les attentes plus bénéfiques.

### Synthèse

Les résultats de ces 5 KPIs montrent que l'utilisation du modèle d'optimisation tend à augmenter les performances de l'affectation si on le compare à un algorithme simple. Cet algorithme fait plus de choix mais ceux-ci sont moins pertinents et cela se traduit

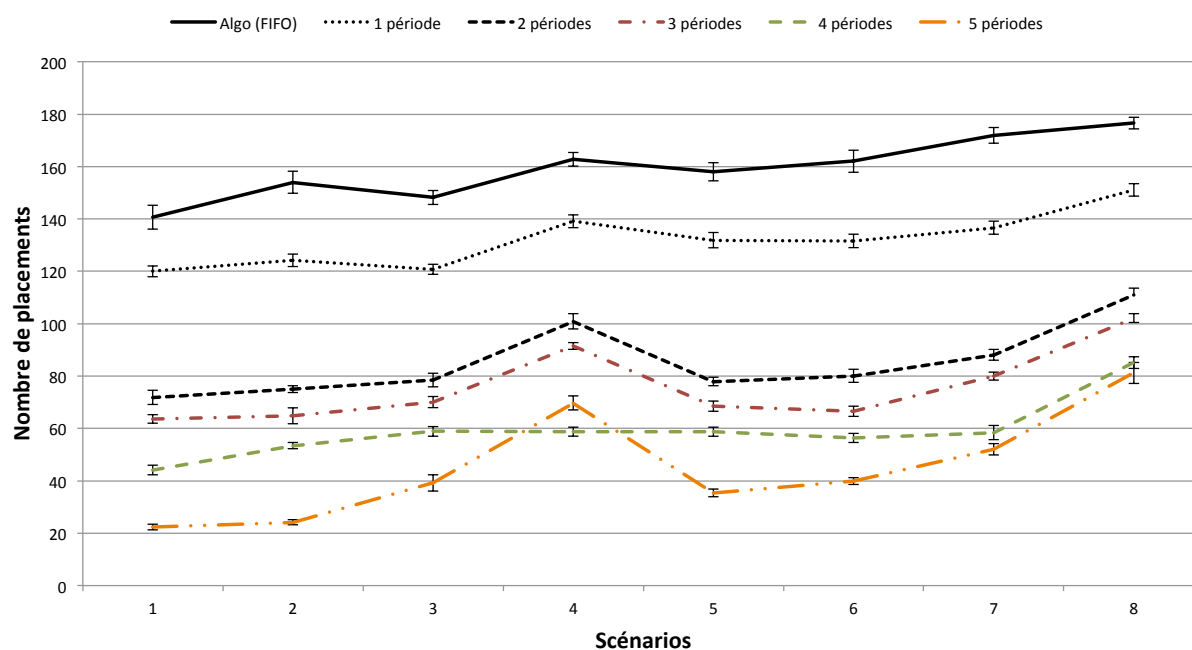


FIGURE 4.7 – KPI4 : nombre de mauvais placements

par une durée de vie dans l'état 3 plus basse. Le modèle d'optimisation avec une seule période a des résultats similaires sauf pour le nombre de bons placements qui peuvent être supérieurs à des scénarios où le nombre de périodes de projection est plus grand. Ces résultats sont surprenants car 1 période de projection ne permet ni de prendre en compte l'évolution de la population, ni d'attendre une place dans une structure plus adaptée. Pour une meilleure compréhension de ce phénomène cette étude comporte une analyse qualitative. L'ensemble des résultats montre également que la performance du modèle d'optimisation diminue lorsque la mobilité de la population diminue mais que cela est commun à tous les scénarios. Le modèle d'optimisation reste supérieur à l'algorithme qui utilise une politique FIFO. On remarque également que les ressources financières impactent les résultats obtenus notamment au niveau de la durée de vie dans les états les plus critiques. Le paramétrage du modèle doit donc prendre en compte la composition sociale d'un territoire pour être pertinent.

#### 4.5.4 Analyse qualitative

Le but de cette partie, en plus de déterminer et d'analyser quels sont les parcours les plus représentatifs, est de comprendre pourquoi le modèle d'optimisation avec une seule période de projection affiche de bons résultats pour le KPI3 (nombre de bons placements). Cette configuration a pourtant de mauvais résultats dans plusieurs KPIs comme le score de pertinence moyen, le nombre de mauvais placements ou encore la durée de vie dans l'état 3 (besoin d'une structure très médicalisée). Dans cette section nous allons comparer le modèle d'optimisation avec 1 et 3 périodes de projection. Pour cela nous allons analyser les parcours qui sont les plus fréquents dans chacune des configurations. Un parcours est une succession d'événements, un événement pouvant être une affectation à une nouvelle structure, une attente de placement, ou encore un changement d'état. La figure 4.9 donne

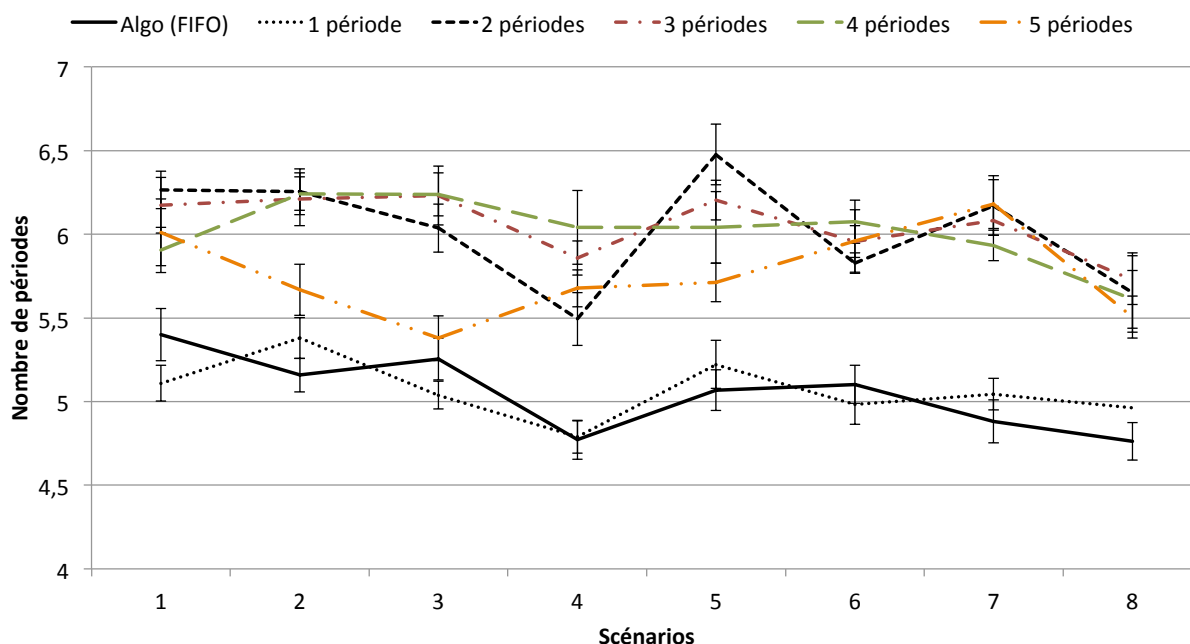


FIGURE 4.8 – KPI5 : durée de vie dans l'état 3

un exemple de parcours. Nous représentons un changement d'état par une pastille bleue. Le premier évènement est toujours un changement d'état parce que cela correspond à la création de la personne âgée dans un changement d'état donné. Le dernier évènement est également toujours un état qui représente la mort et qui est noté "D". Le triangle vert symbolise une attente dans la structure  $T_4$  (Domicile Non-Equipé). Enfin un rectangle blanc est utilisé pour représenter une affectation dans une nouvelle structure. Dans cet exemple la personne âgée (i) a été générée dans l'état 2, (ii) a attendu à son domicile non-équipé, (iii) a été affectée à une structure de type  $T_1$  (EHPAD) qui est le type de structure le plus adapté à son état. Son état (iv) a ensuite décliné au point de nécessiter une structure très médicalisée ( $T_0$ ), la personne âgée (v) sera prise en charge dans ce type de structure avant de (vi) décéder. Ce parcours est considéré comme optimal car la personne âgée a toujours été placée dans la structure la plus adaptée à son état.

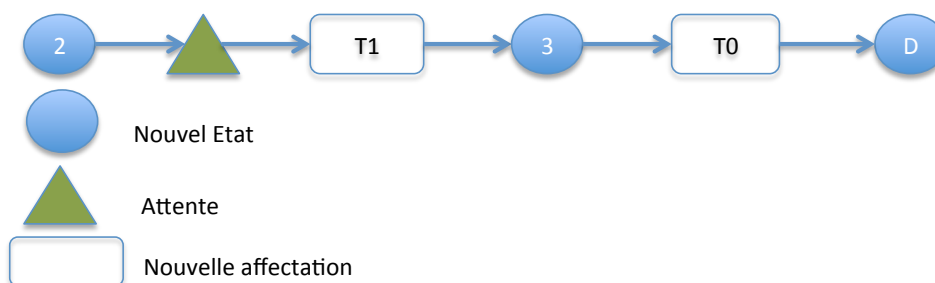


FIGURE 4.9 – Exemple de parcours

La figure 4.10 présente les différents parcours les plus fréquents du modèle d'optimisation à 1 et 3 périodes de projection. Nous nous focaliserons sur les parcours qui permettent d'expliquer le phénomène rencontré dans la section précédente au sujet du

nombre incohérent de bons placements de la configuration à 1 seule période de projection. Cette configuration a de mauvais résultats pour tous les KPIs sauf pour le KPI3 (nombre de bons placements). Les parcours présentés sont au moins récurrents pour une des deux configurations et nous donnons pour chaque parcours la proportion que ce parcours représente sur l'ensemble des parcours.

Le parcours 1 représente la situation où la personne âgée est générée directement dans l'état 3 (besoin d'une structure très médicalisée) et est affectée directement dans la structure la plus adaptée ( $T_0$ ). C'est un parcours optimal car la meilleure structure a été choisie par rapport à l'état de santé de la personne âgée. Pour les deux configurations ce parcours est le plus utilisé et représente pratiquement 1/4 des parcours. (22,7% pour une période et 24,2% pour 3 périodes). Le parcours 2 est également un parcours optimal où la personne âgée est générée dans l'état 2 puis est affectée au meilleur type de structure possible ( $T_1$ ). La personne décline ensuite vers l'état 3 avant d'être prise en charge dans une structure de type  $T_0$ . Ce parcours est beaucoup emprunté dans la configuration à 1 période (11,6% et second parcours) mais est quasiment inexistant dans la configuration à 3 périodes (0,2%). Le parcours 3 est le parcours où les personnes âgées sont générées dans l'état 3 et qui sont placées dans la structure  $T_3$  c'est à dire le domicile équipé. Ce parcours n'est donc pas optimal et ne peut pas être considéré comme satisfaisant car le score de pertinence de cette structure est de 1 et cette solution est définitive. Ce parcours représente 10,3% des parcours de la configuration à 1 période mais n'est jamais utilisé dans la configuration à 3 périodes. Le parcours est également un parcours non optimal car la personne âgée n'est pas tout le temps placée dans la structure la mieux adaptée à son état. Ce parcours est similaire au parcours 2 (création en état 2, placement en  $T_1$  puis déclin en état 3) sauf que la personne âgée n'a pas trouvé une structure de type  $T_0$ . Cependant ce parcours même si il n'est pas optimal fournit une bonne solution à la personne âgée car elle est dans une structure déjà médicalisée dont le score de pertinence est de 4 pour cet état. Ce parcours est récurrent dans la configuration à 3 périodes (11,8%) et quasiment inexistant dans la configuration à 1 période (0,3%). Les deux derniers parcours (5 et 6) ne sont possible que dans la configuration à 3 période car le modèle a généré une attente dans la structure  $T_4$  ce qui est impossible dans la configuration à une seule période car elle n'a pas de projection du futur. Dans le parcours 5 la personne âgée est générée dans l'état 3 et attend à domicile ( $T_4$ ) et rejoint ensuite la structure  $T_0$  (la plus adaptée à l'état), le parcours est donc considéré comme optimal. Ce parcours est utilisé par 6,4% de la population de cette configuration. Dans le parcours 6 la personne âgée est également générée dans l'état 3 mais décède dans l'attente d'une structure et donc dans la structure  $T_4$  (maison non équipée. Ce parcours est évidemment non optimal et représente 5,1% des parcours de la configuration à 3 périodes de projection.

### 4.5.5 Conclusion

#### Synthèse de l'analyse quantitative et de l'analyse qualitative

L'analyse quantitative (section 4.5.3) et qualitative (section 4.5.4) nous permet d'avoir une compréhension très large du modèle et de son comportement. Premièrement nous pouvons dire que le modèle d'optimisation est plus efficace qu'un algorithme simple (traitement des demandes en FIFO) qui a de mauvais résultats pour tous les indicateurs de performance quantitatifs. La première raison est que cet algorithme ne permet pas d'at-





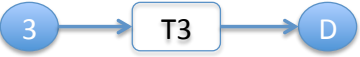



#	Parcours	% 1 Période	% 3 Périodes
1		22.7	24.2
2		11.6	0.2
3		10.3	0
4		0.3	11.8
5		0	6.4
6		0	5.1

FIGURE 4.10 – Parcours détaillés des personnes âgées

tendre dans la structure  $T_4$  lorsque les structures les plus adaptées n'ont pas de places disponibles. Dans ce cas la personne âgée sera affectée à une structure non adaptée à son état de santé. Une seconde raison est que cet algorithme ne prend pas en compte la population dans son ensemble mais chaque personne âgée au cas par cas. Ainsi une personne fortunée peut être placée dans une structure accessible à tous alors que suivant l'ordre de traitement une personne défavorisée ne pourra pas avoir de structure adaptée faute de moyens. En résumé ce modèle affecte plus de personnes âgées (fait plus de choix) mais fait plus de mauvais placements ce qui a un effet sur les durées de vie dans les états les plus critiques (état 3 par exemple).

Le modèle d'optimisation a de meilleurs résultats que l'algorithme pour tous les KPIs. Les résultats tendent à s'améliorer lorsque l'on augmente le nombre de périodes de projection. Par exemple la configuration avec 5 périodes de projection a les meilleurs résultats en ce qui concerne le nombre de bons placements (KPI3). Le nombre de mauvais placements est également plus faible que pour les autres configurations (KPI4) ce qui logiquement en fait la configuration avec le meilleur score moyen pertinence (KPI2). Cependant la durée de séjour dans l'état 3 (KPI5) n'est pas nécessairement meilleure que les autres scénarios. Par exemple lorsque les personnes âgées aisées représentent 50% de la population du territoire et que la mobilité est de 50% alors la configuration à 5 périodes de projection une durée de vie équivalente à l'algorithme simple ou le modèle d'optimisation

à 1 période de projection. Le KPI1 peut expliquer cette particularité car la configuration à 5 périodes de projection est celle qui affecte le moins de personnes âgées et génère le plus d'attente. Cela signifie que beaucoup de personnes âgées peuvent attendre dans le type de structure  $T_4$  qui représente le domicile non équipé. Cette situation dans l'état 3 est celle qui est la plus susceptible d'aboutir sur un décès rapide de la personne âgée. Si le taux de personnes plus fortunées est de 75% alors la durée de séjour augmente car il existe plus d'opportunités de placement. Pour ces raisons le paramétrage du modèle est très important.

Un autre point important est le comportement du modèle lorsqu'il est configuré avec 1 seule période de projection ce qui l'empêche de d'avoir une projection de l'évolution de la population et donc d'attendre une meilleure structure. Cette configuration a de très bons résultats dans le KPI3 (nombre de bons placements) ce qui est surprenant car comme évoqué précédemment cette configuration n'autorise pas l'attente et donc la possibilité d'espérer un placement dans une structure adaptée à la situation. Nous avons effectué une analyse qualitative pour comprendre le comportement du modèle dans ce cas très précis. Les résultats montrent que dans cette configuration un parcours est très utilisé : celui où la personne âgée est placée à son domicile qui a été équipé ( $T_3$ ) alors qu'il est dans l'état 3 (parcours 3). Le score de la pertinence de cette structure dans cet état est de 1 ce qui place la personne âgée dans une situation où les risques de complications sont importants. La personne âgée nécessite une médicalisation très importante et si elle ne l'a pas à domicile de manière continue alors elle va recourir très fréquemment à l'hospitalisation. Cette situation a un coût pour la personne âgée car elle risque des complications physiques durant l'hospitalisation mais également pour la société car elle va participer à l'encombrement des services en plus du coût d'hospitalisation.

De plus lorsque une personne âgée est affectée à une structure nous considérons qu'elle ne peut pas en changer sauf si elle change d'état. Dans l'état 3 la seule évolution possible est un décès ce qui veut dire que ces personnes âgées (placées en  $T_3$ ) sont "sacrifiées" par le modèle. Cela permet aux autres personnes âgées qui nécessiteront plus tard un type de structure  $T_0$  d'avoir plus d'opportunité comme le montre le parcours 2. Dans ce parcours une personne décline en état 3 après avoir été dans la structure  $T_1$  dans l'état 2. Ce parcours représente 11,6% des parcours dans la configuration à une période de projection alors qu'il n'est quasiment jamais utilisé dans celle à 3 périodes. Dans cette configuration environ 11,5% attendent une place en  $T_0$  à leur domicile non équipé ( $T_4$ ) dont 6,4% avec succès (parcours 5). On voit également avec le parcours 4 que ces places prises par les personnes âgées en attente ne permettent pas aux personnes dans une structure  $T_1$  de récupérer une place en  $T_0$  comme dans le parcours 2. Cependant nous considérons cette situation comme acceptable car elle laisse la personne âgée dans une situation relativement bonne (score de pertinence égal à 4).

## Perspectives

Le modèle présenté dans ce chapitre pourrait être amélioré avec de meilleures prédictions du futur et donc un meilleur paramétrage de la Chaîne de Markov. Nous sommes encore confronté au problèmes des données de santé qui sont difficiles à obtenir lorsque l'on souhaite recueillir des données différentes que celles fournies dans les bases de données hospitalières (PMSI). Nous pourrions à l'avenir prendre en compte l'âge pour amener de la précision dans l'estimation de l'évolution de la population avec la chaîne de Markov.

Une étude de cas avec un problème réel (par exemple le cas du département de la Loire) permettrait d'évaluer l'impact d'un tel modèle sur une situation concrète.

# Conclusion générale

Les parcours de soins des personnes âgées sont difficiles à analyser à cause de la complexité de ce type de personnes. Elles sont souvent atteintes de multimorbidité (plusieurs maladies chroniques en même temps), en perte d'autonomie et peuvent être vulnérables socialement (ressources financières, isolées de la famille, domicile dans un désert médical). Pour les hospitalisations causées par des événements aigus ou pour la vie quotidienne il est indispensable d'avoir une prise en charge adaptée et personnalisée. Cette thèse s'intéresse à la fois à l'organisation de l'hospitalisation au sein de la filière gériatrique et aux problématiques des soins de longue durée.

Nous avons étudié deux sujets concernant les soins aigus : (i) l'intégration des services de Court-Séjour Gériatrique et de Soins de Suite et Réadaptation et (ii) la hotline gériatrique. Pour l'étude de l'intégration des soins nous avons comparé une organisation intégrée (le CSG et le SSRG sont le même service) et fragmentée (CSG et SSRG séparés en 2 services). Pour l'organisation fragmentée, nous avons testé plusieurs variantes de dimensionnement des services. Nous avons vu que l'organisation intégrée permettait d'avoir de meilleurs résultats pour des indicateurs comme le nombre de patients admis dans le département gériatrique ou les durées de séjour ; cependant un bon dimensionnement des services dans le cas fragmenté permet d'atteindre des résultats proches. Enfin une analyse économique a montré un effet pervers de la tarification à l'activité (T2A) qui peut sanctionner financièrement un service à cause d'un manque de lits d'aval (bed blocking).

L'étude de la hotline gériatrique nous a permis d'évaluer l'intérêt de la mise en place d'une ligne téléphonique directe entre les médecins généralistes de ville et les médecins gériatres. Nous avons testé la possibilité de dédier plusieurs lits à la hotline avant 13h et de faire des réservations sur les jours suivants. Nous avons montré que la hotline permettait d'éviter les urgences pour beaucoup de patients même si ce nombre est limité par le nombre de patients libérés par jour par le service gériatrique.

Pour nuancer ces résultats, nous devons prendre en compte la place de ces services dans l'organisation globale de l'hôpital. La comparaison qualitative que nous avons réalisée sur la région Auvergne Rhône Alpes montre que chaque centre hospitalier est organisé d'une manière différente. Par exemple les SSRG sont partagés avec d'autres services dans les organisations fragmentées que nous avons observées (Lyon et Clermont-Ferrand). Même si tous les médecins rencontrés lors de nos entretiens ont loué l'intérêt médical de prendre en charge le patient en SSR dans le même service et avec la même équipe pluridisciplinaire, certains ont cependant souligné l'importance de l'organisation historique d'un hôpital. Si il est possible de changer l'organisation d'un département, la tâche devient difficile lorsque ces modifications impactent les autres organes de l'établissement. La hotline gériatrique est un bon exemple de ce problème car si elle permet au patient d'avoir un accès direct à l'hôpital et évite les urgences, ce dispositif limite également le nombre

de lits d'aval avant 13h et peut poser des problèmes de congestion du service. Ainsi si du point de vue du département gériatrique la hotline représente beaucoup d'avantages, elle est à double tranchant pour le service des urgences. D'une part il a moins de cas à traiter (patients déjà au CSG), mais il aura plus de difficultés à orienter efficacement les patients déjà présents en son sein. L'amélioration de l'hôpital doit donc passer par une approche globale de la performance et non d'un service étudié indépendamment tout en se focalisant sur la qualité de soins fournie au patient. Cette difficulté est renforcée par le mode de financement actuel des hôpitaux où le remboursement est basé sur l'activité et centré sur la performance d'un service sans considérer les autres. Notre analyse financière montre cependant que le contexte (comme les lits disponibles en aval) est très important pour juger de l'efficacité d'un service. Dans ces conditions le changement devient difficile car pollué par des intérêts autres que la qualité de soins.

Nous avons également étudié deux problèmes à propos des soins de longue durée : (i) la modélisation du parcours sur le long terme des personnes âgées et le dimensionnement des territoires de soins et (ii) le pilotage des flux de patients pour l'affectation dans les structures résidentielles. Dans le premier cas, nous avons utilisé une chaîne de Markov pour modéliser les états de santé basés sur 3 facteurs (multimorbidité, dépendance et isolement social) caractéristiques des personnes âgées. Nous avons ensuite déterminé une liste de solutions pour chaque état afin de prendre en compte toutes les possibilités qui s'offrent aux personnes âgées. Nous avons simulé et testé plusieurs politiques de dimensionnement comme privilégier les structures de maintien à domicile ou les structures résidentielles. Nous trouvons que la politique idéale est un compromis entre ces deux politiques car les deux catégories de structures sont pertinentes à des stades différents de la vie.

Le deuxième sujet est le placement des personnes âgées dans les structures résidentielles. Nous utilisons un modèle d'optimisation stochastique pour maximiser la pertinence des choix de placement en prenant en compte une projection de l'évolution de la population dans un futur proche et de manière centralisée. Nous avons testé le modèle avec différents horizons de projection et contre un algorithme simple répondant à la règle First In First Out.

Un problème rencontré lors de ces deux études est celui des données. S'il est possible d'avoir accès aux données anonymisées de la base de données des hôpitaux (PMSI), la collecte de données concernant le mode de vie, les structures de soins de longue durée déjà fréquentées ou l'isolement est difficile. Ce problème nous empêche de déterminer les transitions d'un état à un autre en fonction des choix effectués. Si les paramètres choisis permettent de reproduire les phénomènes observés dans la pratique, la valeur absolue de nos résultats ne peut pas être assurée. Nous devons cependant re-situer le problème des données dans le contexte actuel. L'accès aux données médicales (et par extension à toutes les données personnelles) est un enjeu important de notre époque. Cette conclusion a été écrite au moment du scandale Cambridge Analytica qui a collecté des données à près de 90 millions d'utilisateurs du réseau social Facebook à des fins politiques et qui suscite un débat important dans la société. Dans le contexte médical, on peut évoquer le risque de collectes de données par des sociétés privées telles que les compagnies d'assurance. La protection des données de santé est donc primordiale et l'utilisation dans nos modèles ne peut être autorisée que dans un cadre rigoureux qui est difficile à mettre en place aujourd'hui.

Nous devons également souligner que nos modèles sont encore loin de pouvoir faire l'objet d'une utilisation concrète. Par exemple le modèle d'optimisation stochastique est

basé sur une approche de décision centralisée où la décision des placements est faite pour toutes les structures qu'elles soient publiques ou privées. Or, dans la pratique, le choix des admissions est réservé aux établissements. Il semble difficile de faire des choix à la place d'établissements privés à but lucratif répondant à une démarche de bénéfices. Les structures à but lucratif sont celles qui se développent le plus rapidement ces dernières années. Le modèle de dimensionnement du territoire peut donc être un excellent outil pour estimer l'investissement public nécessaire pour assurer à toutes les classes sociales de la population un accès aux soins de longue durée.

Les perspectives de recherche sont nombreuses et concernent à la fois (i) une extension des modèles étudiés dans cette thèse et (ii) une exploration plus large de l'offre de soins fournie aux personnes âgées sur les territoires et au sein de la filière gériatrique.

Comme nous l'avons évoqué précédemment nos résultats ont été limités par un manque de données. Si ce problème est résolu nous pourrions alors améliorer l'aspect prédictif de nos modèles et nous rapprocher de plus en plus d'une utilisation concrète et bénéfique à la population âgée d'un territoire. Le principale enjeu est de pouvoir déterminer la probabilité pour une personne âgée de voir son état se dégrader.

Certains services comme les hôpitaux de jour ou les consultations gériatriques ont été ignorées dans nos études et il serait important de les inclure à l'avenir. Cela permettrait d'avoir une évaluation quantitative de leur efficacité et de leur potentiel pour éviter des hospitalisations au service des urgences quand cela est possible.

D'autres perspectives ont été développées dans le détail dans les chapitres 2 et 3.

Nous souhaitons conclure en rappelant l'importance de l'humain dans le Génie Hospitalier. Même si nos méthodes sont inspirées et issues du milieu industriel, un soignant n'est pas une machine et un patient n'est pas un produit. Pour cette raison nos modèles ont été construits à partir des caractéristiques des personnes âgées (états de santé). Nous avons également utilisé des indicateurs de performance comme la pertinence des placements en fonction des besoins des individus ou les durées de séjour dans les différents états de santé.

[type=acronym]

## Annexe A

# Résultats supplémentaires de la Hotline Gériatrique

Dans un premier temps, nous pouvons observer avec la figure A.1 que dans les scénarios avec une affluence forte, l'occupation du service CSG est égale à 100% et ce quel que soit le nombre de lits dédiés à la hotline. Dans ce cas l'affluence de la demande via la hotline est si importante que les lits dédiés trouvent très rapidement preneur. Ce n'est pas le cas dans les scénarios où l'affluence est modérée, où même sans la hotline (et donc sans réservation de lits) l'occupation n'atteint pas les 100%. On remarque néanmoins que lorsque l'on augmente le nombre de lits dédiés à la hotline, l'occupation a tendance à baisser. On peut expliquer cela par le fait de réserver des lits jusqu'à 13h. Etant donné que le flux d'arrivées via la hotline n'est pas assez important, il arrive que des lits restent inoccupés la moitié du temps. Les patients arrivés aux Urgences doivent attendre jusqu'à 13h avant d'avoir accès au lit. On note également qu'à partir de 4 lits dédiés par jour, l'occupation atteint sa valeur la plus basse. Une explication peut être que le nombre de lits qui se libèrent par jour est limité, par exemple il sera impossible de dédier 15 lits à la hotline si seulement 5 se libèrent. Il existe donc un seuil plancher qui représente l'occupation minimum. Quand l'affluence est modérée et que le taux de patients programmables sur 3 jour est de 80%, ce seuil est légèrement supérieur. Cette différence est due aux moments où le service est plein et que la demande des patients arrivés via hotline est plus important que le nombre de lits dédiés disponibles. Ils peuvent soit être programmés dans les 3 jours si leur état le permet et que des lits se libèrent, soit aller aux Urgences pour une prise en charge. Dans ce cas-là, le fait que plus de patients soit programmables améliore légèrement l'occupation moyenne mais de manière limitée.

La figure A.2 montre que plus on dédie des lits et plus les patients admis via la hotline vont être nombreux. Cependant ce phénomène est couplé avec une chute des admissions via le SAU. On peut voir cependant que le nombre d'admissions supplémentaires via la hotline est supérieur par rapport au nombre des admissions via les Urgences. Ces résultats peuvent sembler surprenants compte tenu de l'occupation observée précédemment. En effet pour une affluence modérée l'occupation diminue en augmentant le nombre de lits dédiés. Cependant suite aux travaux de Justine Dijon, nous avons pu voir que la durée de séjour est sensiblement moins grande chez les patients arrivés via la hotline. Cela se traduit par une loi normale (11,6 ; 4,91) pour les patients issues de la hotline contre une loi normale (14,5 ; 5,13) pour le SAU. Plus les patients ont tendance à venir de la hotline et plus un turnover opère dans le service. Ainsi plus de patients peuvent entrer au



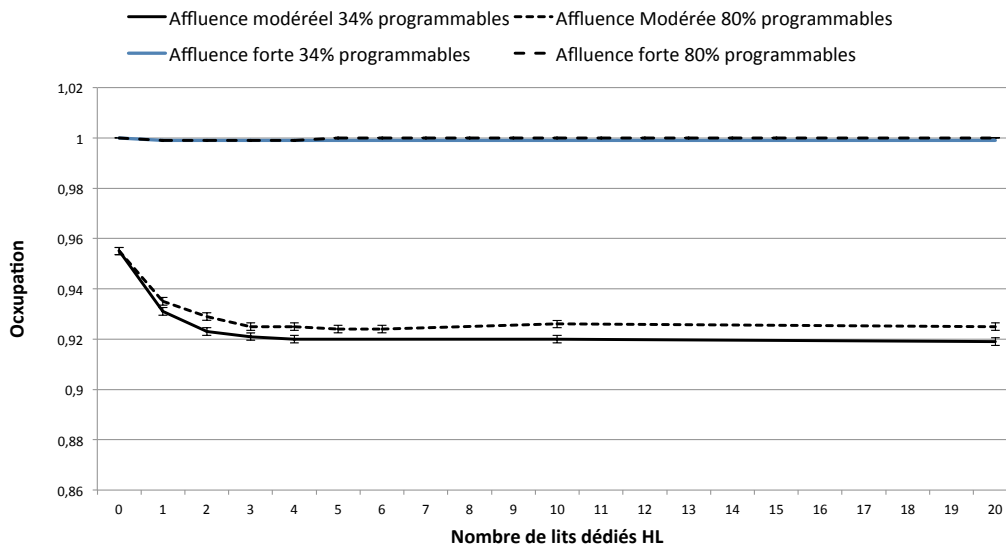


FIGURE A.1 – Occupation du service

CSG mais le problème d’occupation est toujours présent car les lits libérés sont toujours bloqués jusqu’à 13h. On remarque qu’avec un taux de patients programmables de 80%, les résultats sont également légèrement meilleurs.

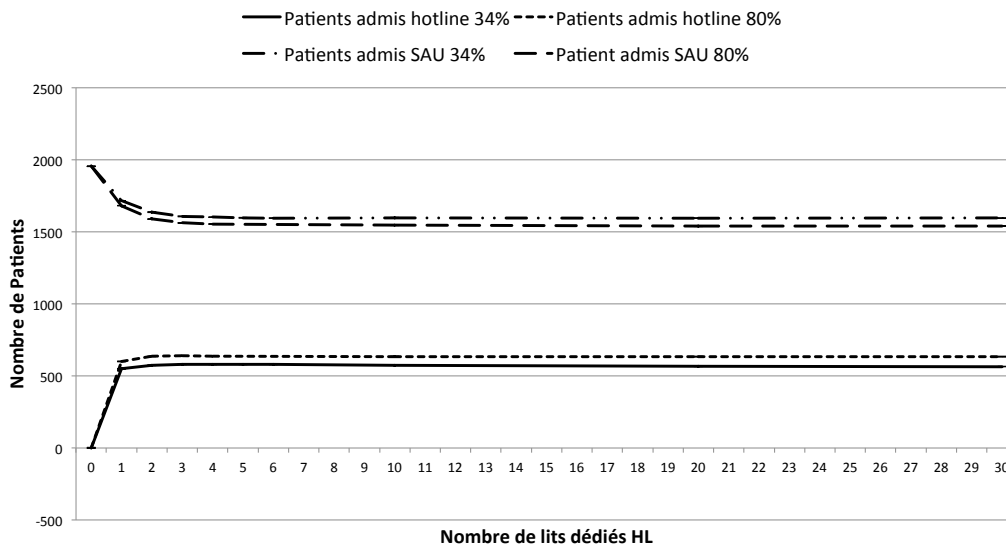


FIGURE A.2 – Nombre de patients admis via la hotline vs le SAU (Affluence modérée)

On voit dans la figure A.2 que le nombre de patients admis via les Urgences diminue significativement sur plusieurs scénarios tandis que le maximum de patients hotline est atteint plus rapidement. Pour une affluence élevée figures A.3, on peut voir qu’avec un taux de patients programmable de 34%, le nombre total de patients admis peut être au maximum de 2275 (3 lits dédiés) ce qui correspond à celui d’une affluence modérée maximal (1 lit dédié). Cependant on peut voir que dans ce cas le nombre de patients admis par la hotline et par le SAU est quasiment égal. Lorsque le taux de patients programmables

augmente à 80%, il est possible de faire plus d'entrées hotline que d'entrées SAU (en dédiant plus de lits hotline). Pour le maximum d'admissions hotline il faut accepter que 12 lits puissent être dédiés. Ils permettent d'introduire la notion de choix entre les patients hotline et SAU. En cas de forte affluence de la hotline, le nombre de lits dédiés à la hotline arbitrera la place laissée au SAU dans les admissions au CSG.

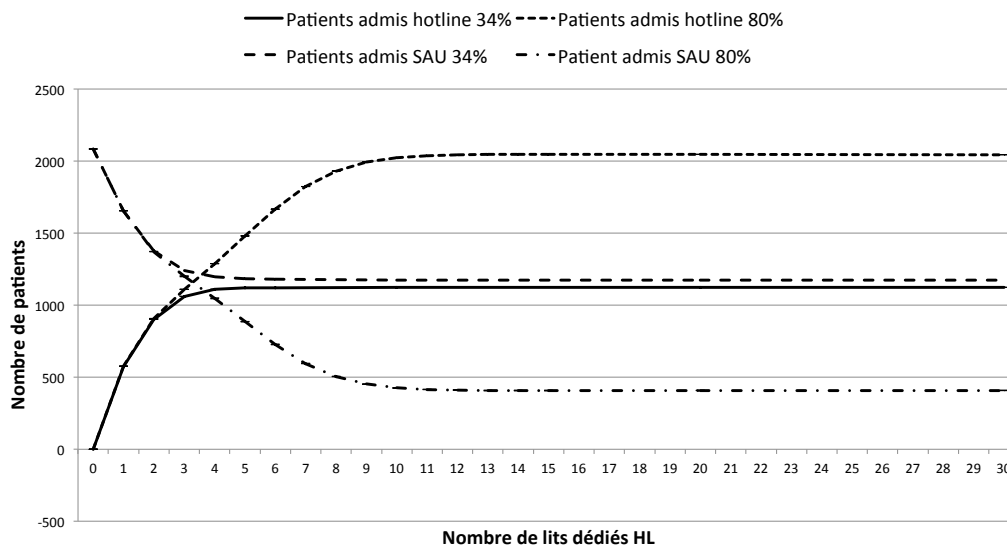


FIGURE A.3 – Nombre de patients admis via la hotline vs le SAU (Affluence élevée)

Comme le nombre pour le nombre de patients admis, les résultats de l'attente au SAU doivent être pris en compte de manière relative. Nous considérons les Urgences comme une file d'attente avec comme seule sortie possible le CSG. Cette file devrait comprendre d'autres arrivées et d'autres sorties mais ce sont des paramètres trop difficiles à évaluer en l'état. Quand l'affluence est modérée, on peut voir que la courbe d'attente aux Urgences est inversement corrélée avec celle du nombre de patients total acceptés au CSG. En effet elle baisse significativement lorsque l'on intègre des lits hotline puis remonte progressivement. On peut expliquer cette augmentation de l'attente par le nombre de place réservés jusqu'à 13h, cela provoque un encombrement des Urgences.

Pour une affluence élevées, l'attente aux urgences ne diminue jamais car le flux d'arrivées est trop important. Chaque jour des patients sont redirigés vers les Urgences et le taux d'occupation est toujours de 1. Pour un taux de patients programmable de 80%, l'attente augmente régulièrement jusqu'à atteindre son maximum pour 12 lits dédiés cela correspond au nombre de lits dédiés hotline nécessaires pour atteindre le nombre maximale de patients admis. Nous avons vu que l'augmentation de patients admis résultait d'une augmentation de patients admis via la hotline et au détriment des urgences. Les résultats sont surestimés car dans la réalité il faudrait prendre d'autres services en compte pour les urgences. Cependant, dans un cas de très forte affluence, il peut être contre productif de réserver des lits pour la hotline jusqu'à 13h.

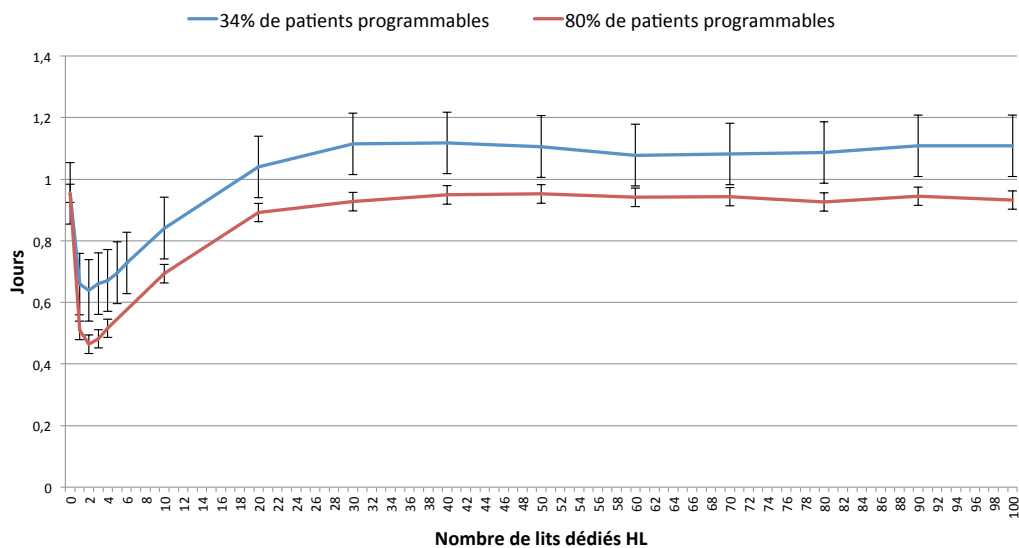


FIGURE A.4 – Durée de l’attente au SAU (affluence modérée)

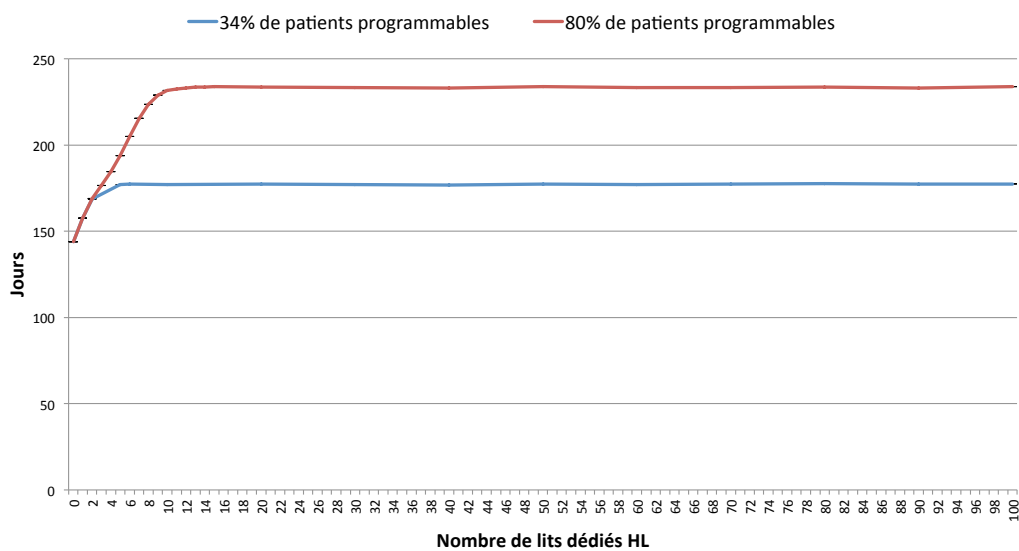


FIGURE A.5 – Durée de l’attente au SAU (affluence élevée)

## Annexe B

# Algorithme d'admission d'une personne âgée après un changement d'état

L'algorithme 10 permet ensuite d'affecter les personnes âgées à des solutions en prenant en compte ces possibilités. Dans un premier temps on regarde le score de la solution actuelle de la personne âgée ( $SCS_{it-1}$ ). Si ce score est égal à 1 alors la personne âgée est déjà dans une situation idéale, elle reste donc d'office dans cette solution. La personne âgée va aussi conserver sa solution si la catégorie de la première structure est résidentielle ( $CAT_{S1_{SCS_{it-1}}} = 0$ ). Si ce n'est pas le cas alors il y a une autre solution théorique supérieure. Tant que le paramètre  $choix = 0$  et que le score de la solution testée est supérieur à la solution actuelle ( $SCD_{fi} > SCS_{it-1}$ ) alors on teste toutes les solutions  $f$  par rapport à l'état de la personne âgée (lignes 5 et 6). Comme pour l'algorithme 5 il y a deux possibilités : (i) soit la solution  $f$  est composée d'une structure (ligne 7 à 17), ou (ii) alors elle est composée de deux structures (ligne 20 à 29). Pour chaque solution  $f$  on regarde dans un premier temps si celle-ci est similaire dans sa composition à la solution actuelle de la personne âgée. Autrement dit si  $S1_f = S1_{SP_{it-1}}$  et  $S2_f = S2_{SP_{it-1}}$  (si le nombre de structures de la solution  $f$  est de 2). Si tel est le cas, alors on vérifie que la capacité de chaque structure puisse permettre de prendre en charge les potentielles augmentations de charges provoquées par le nouvel état (ligne 8 et ligne 19). On vérifie ce paramètre grâce à l'équation B.1.

$$CH1_f - CH1_{SP_{it-1}} + OCC_{S1_ft} \leq C_{S1_f} \quad (\text{B.1})$$

Dans un cas classique on regarde si la charge qui s'ajoute à l'occupation actuelle de la structure est inférieure ou égale à la capacité totale de la structure en question. Mais dans ce cas particulier il faut retrancher la charge de cette structure déjà présente dans cette solution actuelle de la personne âgée. Si cette contrainte est respectée alors la solution  $f$  devient la nouvelle solution et les scores et taux d'hospitalisation correspondants à chaque personne âgée  $i$  (ligne 9 et ligne 20). L'occupation de la (des) structure(s) concernée(s) est ensuite mise à jour en fonction de la charge nécessaire à ajouter pour atteindre le total souhaité :  $CH1_f - CH1_{SP_{it-1}}$  (lignes 10 et 21). Dans le cas où la condition de la contrainte de capacité n'est pas respectée (lignes 11 et 24), alors la solution est considérée comme non-complète. On met donc à jour  $SP_{it}$  comme étant la fonction  $f$  mais avec le paramètre  $NC_{it}$  qui prend la valeur 1, ce qui signifie que la solution est non complète (lignes 12 et 23). Le score pour cette période est pénalisé avec  $PNC_f$  et le taux d'hospitalisation prends la valeur de  $HNC_f$ . Une pénalité est utilisée pour le score car celui-ci est variable

---

**Algorithm 10** Admission d'une personne âgée après un changement d'état
 

---

```

1: if  $SCS_{it-1} = 1$  or  $CAT_{S1SCS_{it-1}} = 0$  then
2:    $SCS_{it} \leftarrow SCS_{it-1}$ 
3: else
4:    $choix \leftarrow 0$ 
5:   while  $choix = 0$  and  $SCD_{fi} > SCS_{it-1}$  do
6:     for all  $f$  do
7:       if  $NBS_f = 1$  then
8:         if  $S1_f = S1_{SP_{it-1}}$  and  $CH1_f - CH1_{SP_{it-1}} + OCC_{S1_{ft}} \leq C_{S1_f}$  then
9:            $choix \leftarrow 1, SP_{it} \leftarrow f$ 
10:           $C_{S1_f} \leftarrow C_{S1_f} - (CH1_f - CH1_{SP_{it-1}})$ 
11:         else if  $S1_f = S1_{SP_{it-1}}$  and  $CH1_f - CH1_{SP_{it-1}} + OCC_{S1_{ft}} > C_{S1_f}$  then
12:            $choix \leftarrow 1, SP_{it} \leftarrow f, NC_{it} \leftarrow 1, SCS_{it} \leftarrow SCD_{fi} - PNC_f, HP_{it} \leftarrow$ 
13:              $HNC_f$ 
14:         else if  $CH1_f + OCC_{S1_{ft}} \leq C_{S1_f}$  then
15:            $choix \leftarrow 1, SP_{it} \leftarrow f, SCS_{it} \leftarrow SCD_{fi}, HP_{it} \leftarrow H_f$ 
16:            $OCC_{S1_{ft}} \leftarrow OCC_{S1_{ft}} - CH1_f,$ 
17:            $OCC_{S1_{SP_{it-1}t}} \leftarrow OCC_{S1_{SP_{it-1}t}} + CH1_{S1_{SP_{it-1}}}$ 
18:         end if
19:       else if  $NBS_f = 2$  then
20:         if  $S1_f = S1_{SP_{it-1}}$  and  $S2_f = S2_{SP_{it-1}}$  and  $CH1_f - CH1_{SP_{it-1}} + OCC_{S1_{ft}} \leq$ 
21:            $C_{S1_f}$  and  $CH2_f - CH2_{SP_{it-1}} + OCC_{S2_{ft}} \leq C_{S2_f}$  then
22:              $choix \leftarrow 1, SP_{it} \leftarrow f$ 
23:              $C_{S1_f} \leftarrow C_{S1_f} - (CH1_f - CH1_{SP_{it-1}}), OCC_{S2_{ft}} \leftarrow OCC_{S2_{ft}} - (CH2_f -$ 
24:                $CH2_{SP_{it-1}})$ 
25:           else if  $S1_f = S1_{SP_{it-1}}$  and  $CH1_f - CH1_{SP_{it-1}} + OCC_{S1_{ft}} > C_{S1_f}$  and
26:              $S2_f = S2_{SP_{it-1}}$  and  $CH2_f - CH2_{SP_{it-1}} + OCC_{S2_{ft}} > C_{S2_f}$  then
27:                $choix \leftarrow 1, SP_{it} \leftarrow f, NC_{it} \leftarrow 1, SCS_{it} \leftarrow SCD_{fi} - PNC_f, HP_{it} \leftarrow$ 
28:                  $HNC_f$ 
29:             else if  $CH1_f + OCC_{S1_{ft}} \leq C_{S1_f}$  and  $CH2_f + OCC_{S2_{ft}} \leq C_{S2_f}$  then
30:                $choix \leftarrow 1, SP_{it} \leftarrow f, SCS_{it} \leftarrow SCD_{fi}, HP_{it} \leftarrow H_f$ 
31:                $C_{S1_f} \leftarrow C_{S1_f} - CH1_f, OCC_{S2_{ft}} \leftarrow OCC_{S2_{ft}} - CH2_f,$ 
32:                $C_{S1_{SP_{it-1}}} \leftarrow C_{S1_{SP_{it-1}}} + CH1_{S1_{SP_{it-1}}}, C_{S2_{SP_{it-1}}} \leftarrow C_{S2_{SP_{it-1}}} + CH2_{S2_{SP_{it-1}}}$ 
33:             end if
34:           end if
35:         end for
36:       end while
37:     if  $choix = 0$  then
38:        $choix \leftarrow 1, SP_{it} \leftarrow 0, SCS_{it} \leftarrow SNE_e, HP_{it} \leftarrow H0_e$ 
39:     end if
40:   end if

```

---

selon la personne âgée, ce qui n'est pas le cas pour le taux d'hospitalisation qui prend donc une valeur fixe (la même pour chaque individu dans cette situation). Dans le cas où la solution  $f$  ne correspond pas à la structure de la solution actuelle, on vérifie que la structure ait une capacité suffisante pour offrir les soins nécessaires à la personne âgée (lignes 13 et 24). Dans ce cas là on met à jour les paramètres de la solution avec le score et le taux d'hospitalisation (ligne 14 et 25) tout comme les occupations des structures utilisées dans la période précédente (ligne 15 et 26) et dans la nouvelle période (ligne 16 et 27). Si aucune solution n'est trouvé ( $choix = 0$  alors la solution n'existe pas dans le nouvel état, donc on lui affecte les valeurs relatives à son état pour les paramètres tels que le score et le taux d'hospitalisation.



## Annexe C

# Probabilités de transition de la chaîne de Markov du chapitre 4

Les probabilités de transition de l'application numérique du chapitre 4 sont présentées dans le tableau C.1 (page suivante).



TABLE C.1 – Probabilités de transition

Etats	Etat 1					Etat 2					Etat 3				
	$T_4$	$T_3$	$T_2$	$T_1$	$T_0$	$T_4$	$T_3$	$T_2$	$T_1$	$T_0$	$T_4$	$T_3$	$T_2$	$T_1$	$T_0$
Etat 1	0,67	0,78	0,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Etat 2	0,20	0,15	0,10	-	-	0,67	0,73	0,75	0,85	-	-	-	-	-	-
Etat 3	0,11	0,06	0,04	-	-	0,17	0,14	0,12	0,08	-	0,67	0,73	0,75	0,80	0,85
Décès	0,01	0,01	0,01	-	-	0,16	0,13	0,13	0,07	-	0,33	0,27	0,25	0,20	0,15

## Annexe D

### Description de l'algorithme simple (FIFO)

Dans un premier temps si la personne âgée peut changer de structure (ligne 2) alors on initialise un paramètre  $z$  à 5 (le meilleur score possible pour une structure) à la ligne 3. Ensuite tant que  $CH_i$  est différente de 0, pour toutes les structures il y a 4 conditions pour être admissibles : (i) le score doit être égal à la valeur de  $z$ , (ii) la personne âgée  $i$  doit pouvoir rejoindre la structure  $j$ , (iii) elle ou il a les moyens financiers de la payer et (iv) le score pertinence doit être strictement supérieur à celui de la structure actuelle (ligne 6). Sous ces conditions la personne âgée peut être affectée à la structure  $j$  et les divers paramètres sont mis à jour comme la variable d'affectation  $X_{ij}$  ou la possibilité de changer de structure qui devient 1. (ligne 7). Les occupations des structure sont également mises à jour (ligne 8). Si la structure étudiée est la structure de la personne âgée et que le score de pertinence est égal à  $z$  alors on affecte à cette structure (lignes 9 et 10) car on ne peut pas affecter à un score moins bon. On décrémente  $z$  à la ligne 12 et si  $z = 1$  alors on affecte la personne âgée à le structure qui représente le domicile adapté (lignes 13 à 15). Enfin si la personne âgée ne pouvait pas changer de structure alors on la laisse dans la même (lignes 19 et 20).

---

**Algorithm 11** algorithme simple (FIFO)
 

---

```

1: for all i do
2:   if  $CH_i = 0$  then
3:      $z \leftarrow 5$ 
4:     while  $CH_i = 0$  do
5:       for all j do
6:         if  $R_{T_jHS_i} = z$  and  $SP_j \leq FR_j$  and  $0_j < C_j$  and  $R_{T_{S_i}HS_i} < R_{T_jHS_i}$  and
            $A_{ij} = 1$  then
7:            $X_{ij} \leftarrow 1, CH_i \leftarrow 1,$ 
8:            $O_j \leftarrow O_j + 1, O_{S_i} \leftarrow O_{S_i} - 1$ 
9:         else if  $R_{T_jHS_i} = z$  and  $j = S_i$  then
10:           $X_{ij} \leftarrow 1, CH_i \leftarrow 1,$ 
11:         end if
12:       end for
13:        $z - -$ 
14:       if  $z = 1$  then
15:          $X_{i3} \leftarrow 1$ 
16:          $CH_i \leftarrow 1$ 
17:       end if
18:     end while
19:   else if  $CH_i = 1$  then
20:      $X_{iS_i} \leftarrow 1$ 
21:   end if
22: end for

```

---

# Publications

## Soumission en revues internationales

- Franck, T., Augusto, V., Xie, X., and Gonthier, R. A stochastic optimization approach for long term care structure assignment problem for elderly people. *IEEE Transaction Science and Engineering (TASE)* (Submitted)

## Conférences internationales avec actes

- Franck, T., Augusto, V., Xie, X., and Gonthier, R. (2017, August). An optimization-simulation approach for long term care structure assignment problem for elderly people. In *Automation Science and Engineering (CASE), 2017 13th IEEE Conference on* (pp. 574-579).
- Franck, T., Augusto, V., Xie, X., Gonthier, R., and Achour, E. (2015, December). Performance evaluation of an integrated care for geriatric departments using discrete-event simulation. In *Winter Simulation Conference (WSC), 2015* (pp. 1331-1342). IEEE.



# Bibliographie

- Circulaire DHOS/O2/DGS/SD5D/n2002/157 du 18 mars 2002 relative à l'amélioration de la filière de soins gériatriques*, 2002.
- ANAP : *Les parcours de personnes âgées sur un territoire : retours d'expérience*. Agence Nationale d'Appui à la Performance des Etablissements de Santé Socio-Médico, 2011.
- ANAP : *Les parcours de santé des personnes âgées sur un territoire : réaliser un diagnostic et définir une feuille de route pour un territoire*. Agence Nationale d'Appui à la Performance des Etablissements de Santé Socio-Médico, 2012.
- Vincent AUGUSTO : *Modélisation, analyse et pilotage de flux en milieu hospitalier à l'aide d'UML et des réseaux de Petri*. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 2008.
- Vincent AUGUSTO et Xiaolan XIE : Modélisation et analyse de flux par la simulation en milieu hospitalier : état de l'art. *In Actes de la conférence GISEH*, pages 519–528, 2006.
- Vincent AUGUSTO et Xiaolan XIE : A modeling and simulation framework for health care systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics : Systems*, 44(1):30–46, 2014.
- Audrey BAILLY : *Intérêt d'une ligne téléphonique directe (Hotline) destinée aux médecins pour limiter le passage aux urgences des personnes âgées : analyse de 198 appels*. Thèse de doctorat, 2014.
- Frédéric BALARD et Dominique SOMME : Faire que l'habitat reste ordinaire. le maintien de l'autonomie des personnes âgées en situation complexe à domicile. *Gérontologie et société*, (1):105–118, 2011.
- Karen BARNETT, Stewart W MERCER, Michael NORBURY, Graham WATT, Sally WYKE et Bruce GUTHRIE : Epidemiology of multimorbidity and implications for health care, research, and medical education : a cross-sectional study. *The Lancet*, 380(9836):37–43, 2012.
- Maria BARTON, Sally MCCLEAN, Lalit GARG et Ken FULLERTON : Modelling costs of bed occupancy and delayed discharge of post-stroke patients. *In Health Care Management (WHCM), 2010 IEEE Workshop on*, pages 1–6. IEEE, 2010.
- Isabelle BASZANGER : Les maladies chroniques et leur ordre négocié. *Revue française de sociologie*, pages 3–27, 1986.

- Smaranda BELCIUG et Florin GORUNESCU : Improving hospital bed occupancy and resource utilization through queuing modeling and evolutionary computation. *Journal of biomedical informatics*, 53:261–269, 2015.
- C BENAÏM, J FROGER, B COMPAN et J PÉLISSIER : Évaluation de l'autonomie de la personne âgée. In *Annales de réadaptation et de médecine physique*, volume 48, pages 336–340. Elsevier, 2005.
- Howard BERGMAN, François BÉLAND, Sathya KARUNANANTHAN, Silvia HUMMEL, David HOGAN et Christina WOLFSON : Développement d'un cadre de travail pour comprendre et étudier la fragilité. *Gérontologie et société*, 27(2):15–29, 2004.
- B BESOMBES et L MERCHIER : Regroupement des plateaux médicotechniques ; une approche basée sur la modélisation d'entreprise à partir de grai. In *Actes de la conférence GISEH*, pages 319–328, 2004.
- Papiya BHATTACHARJEE et Pradip Kumar RAY : Patient flow modelling and performance analysis of healthcare delivery processes in hospitals : A review and reflections. *Computers & Industrial Engineering*, 78:299–312, 2014.
- John R BIRGE et Francois LOUVEAUX : *Introduction to stochastic programming*. Springer Science & Business Media, 2011.
- Nathalie BLANPAIN et Olivier CHARDON : Projections de population à l'horizon 2060. un tiers de la population âgé de plus de 60 ans. *Insee première*, 1320:1–4, 2010.
- Nienke BLEIJENBERG, NPA ZUITHOFF, AK SMITH, NJ de WIT et MJ SCHUURMANS : Disability in the individual adl, iadl, and mobility among older adults : A prospective cohort study. *The journal of nutrition, health & aging*, 21(8):897–903, 2017.
- Olivier BONTOUT, Christel COLIN et Roselyne KERJOSSE : Personnes âgées dépendantes et aidants potentiels : une projection à l'horizon 2040. *Études et résultats*, 160:1–11, 2002.
- Antoine BOZIO, Agnès GRAMAIN, Cécile MARTIN, André MASSON *et al.* : Quelles politiques publiques pour la dépendance ? *Notes du conseil d'analyse économique*, (8):1–12, 2016.
- Serge BRIANÇON, Geneviève GUÉRIN et Brigitte SANDRIN-BERTHON : Les maladies chroniques. *Actual Doss En Santé Publique*, pages 11–53, 2010.
- Marie-Thérèse Leblanc BRIOT : Fin de vie des personnes âgées. *Jusqu'à la mort accompagner la vie*, (4):97–108, 2014.
- Teresa CARDOSO, Mónica Duarte OLIVEIRA, Ana BARBOSA-PÓVOA et Stefan NICKEL : Modeling the demand for long-term care services under uncertain information. *Health Care Manag Sci*, 15(4):385–412, 2012.
- Teresa CARDOSO, Mónica Duarte OLIVEIRA, Ana BARBOSA-PÓVOA et Stefan NICKEL : Moving towards an equitable long-term care network : A multi-objective and multi-period planning approach. *Omega*, 58:69–85, 2016.

- Teresa CARDOSO, Mónica Duarte OLIVEIRA, Ana Paula BARBOSA-PÓVOA et Stefan NICKEL : Modeling inter-sector health policy options and health gains in a long-term care network : A location-allocation stochastic planning approach. *In Operations Research and Big Data*, pages 23–31. Springer, 2015.
- Fiona CARMICHAEL et Sue CHARLES : The labour market costs of community care. *Journal of Health Economics*, 17(6):747–765, 1998.
- Tugba CAYIRLI et Emre VERAL : Outpatient scheduling in health care : a review of literature. *Production and operations management*, 12(4):519–549, 2003.
- G CELANO, S FICHERA, MG GUGLIELMINO et M TREFILETTI : Activity simulation within a radiology department with limited nurse resources. *IFAC Proceedings Volumes*, 39(3):695–700, 2006.
- Martha A CENTENO, Marsha A LEE, Elizabeth LOPEZ, Helida R FERNANDEZ, Manuel CARRILLO et Tom OGAZON : A simulation study of the labor and delivery rooms at jmh. *In Proceedings of the 33rd conference on Winter simulation*, pages 1392–1400. IEEE Computer Society, 2001.
- Sondes CHAABANE : *Gestion prédictive des blocs opératoires*. Thèse de doctorat, INSA de Lyon, 2004.
- Salma CHAHED, Eren DEMIR, Thierry J CHAUSSALET, Peter H MILLARD et Samuel TOFFA : Measuring and modelling occupancy time in nhs continuing healthcare. *BMC health services research*, 11(1):155, 2011.
- Jean-Michel CHARPIN et C TLILI : Perspectives démographiques et financières de la dépendance. *Rapport du groupe de travail*, (2), 2011.
- Thierry J CHAUSSALET, Haifeng XIE et P MILLARD : A closed queueing network approach to the analysis of patient flow in health care systems. *Methods of Information in Medicine*, 45(05):492–497, 2006.
- Roger Y CHUNG, Keith YK TIN, Benjamin J COWLING, King Pan CHAN, Wai Man CHAN, Su Vui LO et Gabriel M LEUNG : Long-term care cost drivers and expenditure projection to 2036 in hong kong. *BMC health services research*, 9(1):172, 2009.
- Michèle CLÉMENT et Denise AUBÉ : La continuité des soins : une solution ? perspective des personnes avec comorbidité. *Santé mentale au Québec*, 27(2):180–197, 2002.
- Adelina COMAS-HERRERA, Joan Costa-i FONT, Cristiano GORI, Alessandra di MAIO, Concepció PATXOT, Linda PICKARD, Alessandro POZZI, Heinz ROTHGANG et Raphael WITTENBERG : European study of long-term care expenditure : Investigating the sensitivity of projections of future long-term care expenditure in germany, spain, italy and the united kingdom to changes in assumptions about demography, dependency, informal care, formal care and unit costs. 2003.
- Adelina COMAS-HERRERA, Sara NORTHEY, Raphael WITTENBERG, Martin KNAPP, Sarmishtha BHATTACHARYYA et Alistair BURNS : Future costs of dementia-related long-term care : exploring future scenarios. *International Psychogeriatrics*, 23(1):20–30, 2011.



- Adelina COMAS-HERRERA, Raphael WITTENBERG, Joan COSTA-FONT, Cristiano GORI, Alessandra DI MAIO, Concepcio PATXOT, Linda PICKARD, Alessandro POZZI et Heinz ROTHGANG : Future long-term care expenditure in germany, spain, italy and the united kingdom. *Ageing & Society*, 26(2):285–302, 2006.
- Adelina COMAS-HERRERA, Raphael WITTENBERG, Linda PICKARD et Martin KNAPP : Cognitive impairment in older people : future demand for long-term care services and the associated costs. *International journal of geriatric psychiatry*, 22(10):1037–1045, 2007.
- Arnoud M DE BRUIN, René BEKKER, Lillian VAN ZANTEN et GM KOOLE : Dimensioning hospital wards using the erlang loss model. *Annals of Operations Research*, 178(1):23–43, 2010.
- Arnoud M DE BRUIN, AC VAN ROSSUM, MC VISSER et GM KOOLE : Modeling the emergency cardiac in-patient flow : an application of queuing theory. *Health Care Management Science*, 10(2):125–137, 2007.
- Marijke W DE KLEIJN-DE VRANKRIJKER : The long way from the international classification of impairments, disabilities and handicaps (icidh) to the international classification of functioning, disability and health (icf). *Disability and Rehabilitation*, 25 (11-12):561–564, 2003.
- Matthieu de STAMPA, Isabelle VEDEL, Jean-François BUYCK, Liette LAPOINTE, Howard BERGMAN, Francois BELAND et Joel ANKRI : Impact on hospital admissions of an integrated primary care model for very frail elderly patients. *Archives of gerontology and geriatrics*, 58(3):350–355, 2014.
- Justine DIJON : *Comparaison de deux modes d’hospitalisation en gériatrie. Soit directement grâce à une ligne téléphonique. Soit après un passage aux Urgences*. Thèse de doctorat, 2017.
- G DOUMEINGTS : Méthode grai : méthode de conception des systèmes en productique (thèse d’état : Automatique : Université de bordeaux 1). 1984.
- Christine DUGUAY et Fatah CHETOUANE : Modeling and improving emergency department systems using discrete event simulation. *Simulation*, 83(4):311–320, 2007.
- Nathalie DUTHEIL : Les aides et les aidants des personnes âgées. *Etudes et résultats*, 142:1–11, 2001.
- E EL-DARZI, C VASILAKIS, TJ CHAUSSALET et PH MILLARD : A simulation model to evaluate the interaction between acute, rehabilitation, long stay care and the community. In *Decision Making : Recent Developments and Worldwide Applications*, pages 475–485. Springer, 2000.
- Elia EL-DARZI, Christos VASILAKIS, Thierry CHAUSSALET et PH MILLARD : A simulation modelling approach to evaluating length of stay, occupancy, emptiness and bed blocking in a hospital geriatric department. *Health care management science*, 1(2):143, 1998.

- Moulay Ali EL OUALIDI et Janah SAADI : Améliorer la prise en charge des urgences : apport de la modélisation et de la simulation de flux. *Santé Publique*, 25(4):433–439, 2013.
- Bernard ENNUYER : 1962-2007 : regards sur les politiques du «maintien à domicile». *Gérontologie et société*, (4):153–167, 2007.
- Roméo FONTAINE : Aider un parent âgé se fait-il au détriment de l’emploi? *Retraite et société*, (2):31–61, 2009.
- Martin FORTIN, Moira STEWART, Marie-Eve POITRAS, José ALMIRALL et Heather MADDOCKS : A systematic review of prevalence studies on multimorbidity : toward a more uniform methodology. *The Annals of Family Medicine*, 10(2):142–151, 2012.
- Thomas FRANCK, Vincent AUGUSTO, Xiaolan XIE et Régis GONTHIER : An optimization-simulation approach for long term care structure assignment problem for elderly people. *In Automation Science and Engineering (CASE), 2017 13th IEEE Conference on*, pages 574–579. IEEE, 2017.
- Alain FRANCO et Pascal COUTURIER : Autonomie et dépendance chez le sujet âgé. *La Revue du praticien*, 52(14):1599–1604, 2002.
- Tetsuo FUKAWA : Household projection and its application to health/long-term care expenditures in japan using inahsim-ii. *Social Science Computer Review*, 29(1):52–66, 2011.
- RA GANIYU, SO OLABIYISI, TA BADMUS et OY AKINGBADE : Development of a timed coloured petri nets model for health centre patient care flow processes. *International Journal of Engineering and Computer Science*, 4(1):9954–9961, 2015.
- Besma GLAA, Slim HAMMADI et Christian TAHON : Modeling the emergency path handling and emergency department simulation. *In Systems, Man and Cybernetics, 2006. SMC’06. IEEE International Conference on*, volume 6, pages 4585–4590. IEEE, 2006.
- Régis GONTHIER, Patricia BLANC, Stanislas FARCE et François STIERLAM : Individuation des personnes âgées fragiles et filière de soins. *Psychologie & NeuroPsychiatrie du vieillissement*, 1(3):187–196, 2003.
- Florin GORUNESCU, Sally I MCCLEAN et Peter H MILLARD : A queueing model for bed-occupancy management and planning of hospitals. *Journal of the Operational Research Society*, 53(1):19–24, 2002.
- Wei GUAN, Nathalie SAMPIERI-TEISSIER et Nathalie FABBE-COSTES : L’intégration adaptative des chaînes logistiques : l’apport des chaînes de soins du dispositif maia. *Logistique & Management*, 25(1):12–24, 2017.
- Murat M GÜNAL et Michael PIDD : Discrete event simulation for performance modelling in health care : a review of the literature. *Journal of Simulation*, 4(1):42–51, 2010.
- Daniel HALLBERG et Mårten LAGERGREN : Moving in and out of public old age care among the very old in sweden. *European Journal of Ageing*, 6(2):137–145, 2009.

- Sabri HAMANA, Vincent AUGUSTO et Xiaolan XIE : Modelling interactions between health institutions in the context of patient care pathway. *In Working Conference on Virtual Enterprises*, pages 448–455. Springer, 2015.
- Sabri HAMANA, Vincent AUGUSTO et Xiaolan XIE : A timed petri net approach for verification of territorial healthcare information systems. *In Automation Science and Engineering (CASE), 2016 IEEE International Conference on*, pages 658–663. IEEE, 2016.
- R HÉBERT : La perte d'autonomie. *Neurologie, Psychiatrie, Gériatrie*, 3:33–40, 2003.
- Réjean HÉBERT, Pierre J DURAND, Nicole DUBUC et André TOURIGNY : Prisma : a new model of integrated service delivery for the frail older people in canada. *International journal of integrated care*, 3(1), 2003.
- Réjean HÉBERT, Michel RAÏCHE, Marie-France DUBOIS, N'Deye R GUEYE, Nicole DUBUC, Michel TOUSIGNANT et PRISMA GROUP : Impact of prisma, a coordination-type integrated service delivery system for frail older people in quebec (canada) : a quasi-experimental study. *Journals of Gerontology Series B : Psychological Sciences and Social Sciences*, 65(1):107–118, 2009.
- Calvin H HIRSCH, Lucia SOMMERS, Anna OLSEN, Lisa MULLEN et Carol Hutner WINOGRAD : The natural history of functional morbidity in hospitalized older patients. *Journal of the American Geriatrics Society*, 38(12):1296–1303, 1990.
- David B HOGAN : Models, definitions, and criteria of frailty. *In Handbook of Models for Human Aging*, pages 619–629. Elsevier, 2006.
- François HÖPFLINGER et Valérie HUGENTOBLER : Les besoins en soins des personnes âgées en suisse. *Les Cahiers de l'Observatoire suisse de la santé, Verlag Hans Huber, Bern*, 2003.
- C JEANDEL et M BONNEL : Livre blanc de la gériatrie française. *SEPEG international, mars*, 2004.
- JB JUN, Sheldon H JACOBSON et James R SWISHER : Application of discrete-event simulation in health care clinics : A survey. *Journal of the operational research society*, 50(2):109–123, 1999.
- Laure KAESER et Pierre-Alain ROCH : Interroger la notion de " vieillissement actif " : émergence, diffusion et applications d'une politique du vieillissement aux conditions nécessaires. 2013.
- Martin KARLSSON, Les MAYHEW, Robert PLUMB et Ben RICKAYZEN : Future costs for long-term care : cost projections for long-term care for older people in the united kingdom. *Health Policy*, 75(2):187–213, 2006.
- Sidney KATZ, Thomas D DOWNS, Helen R CASH et Robert C GROTZ : Progress in development of the index of adl. *The gerontologist*, 10(1\_Part\_1):20–30, 1970.

- Masoumeh KAZEMI ZANJANI, Mustapha NOURELFATH et Daoud AIT-KADI : A multi-stage stochastic programming approach for production planning with uncertainty in the quality of raw materials and demand. *International Journal of Production Research*, 48 (16):4701–4723, 2010.
- Roselyne KERJOSSE : Personnes âgées dépendantes : dénombrement, projection et prise en charge. *Retraite et société*, (2):11–35, 2003.
- Andrey KHUDYAKOV, Camille JEAN, Marija JANKOVIC, Julie STAL-LE CARDINAL et Jean-Claude BOCQUET : Simulation methods in the healthcare systems. *In Complex Systems Design & Management*, pages 141–149. Springer, 2014.
- Cheol-Han KIM, Richard H WESTON, Allan HODGSON et Kyung-Huy LEE : The complementary use of idef and uml modelling approaches. *Computers in Industry*, 50(1):35–56, 2003.
- Anders KLEVMARKEN et Björn LINDGREN : *Simulating an ageing population : a micro-simulation approach applied to Sweden*. Emerald Group Publishing Limited, 2008.
- Dennis L KODNER et Corinne Kay KYRIACOU : Fully integrated care for frail elderly : two american models. *International journal of integrated care*, 1, 2000.
- Wijnand LAAN, NPA ZUITHOFF, I DRUBBEL, N BLEIJENBERG, ME NUMANS, NJ DE WIT et MJ SCHUURMANS : Validity and reliability of the katz-15 scale to measure unfavorable health outcomes in community-dwelling older people. *The journal of nutrition, health & aging*, 18(9):848–854, 2014.
- T LABET et J BOUGET : Les urgences gériatriques médicales en hôpital général : pour une meilleure prise en charge. *La revue de gériatrie*, 20(7):471–480, 1995.
- D LANE, D UYENO, A STARK, E KLIEWER et G GUTMAN : Forecasting demand for long-term care services. *Health services research*, 20(4):435, 1985.
- P-O LANG, M EBEL, A HASENFRATZ, A-M AUTELITANO-BOOHS, S BANDELIER, Y BOUDEBOUDA, B CLAUDON, M CLAUSS, K DORN, L DUCHMANN *et al.* : Personnes âgées dépendantes en attente d’entrée en ehpad depuis un service hospitalier : étude prospective sur la communauté urbaine de strasbourg, france. *Revue d’Épidémiologie et de Santé Publique*, 56(2):87–95, 2008.
- Pierre-Olivier LANG, Moustapha DRAMÉ, Damien JOLLY, Jean-Luc NOVELLA, François BLANCHARD et Jean-Pierre MICHEL : Que nous apprend la cohorte safes sur l’adaptation des filières de soins intra-hospitalières à la prise en charge des patients âgés ? *La presse médicale*, 39(11):1132–1142, 2010.
- M Powell LAWTON et Elaine M BRODY : Assessment of older people : self-maintaining and instrumental activities of daily living. *The gerontologist*, 9(3\_Part\_1):179–186, 1969.
- Blanche LE BIHAN-YOUIYOU et Claude MARTIN : Travailler et prendre soin d’un parent âgé dépendant. *Travail, genre et sociétés*, (2):77–96, 2006.

- Stéphane LE BOULER : Personnes âgées dépendantes : bâtir le scénario du libre choix. *Horizons stratégiques*, (1):82–96, 2006.
- Paule LE DEUN et Armelle GENTRIC : Vieillesse réussie. *Médecine thérapeutique*, 13 (1):3–16, 2007.
- Annick LE PAPE et Catherine SERMET : La polypathologie des personnes âgées quelle prise en charge à domicile? *présenté à Congrès «Soigner à domicile», Paris*, 1996.
- E LEUNG *et al.* : Projecting the needs and costs of long term care in australia. *Australian Actuarial Journal*, 10(2):343, 2004.
- Walter LEUTZ : Reflections on integrating medical and social care : five laws revisited. *Journal of Integrated Care*, 13(5):3–12, 2005.
- Juliette MALLEY, Ruth HANCOCK, Mike MURPHY, John ADAMS, Raphael WITTENBERG, Adelina COMAS-HERRERA, Chris CURRY, Derek KING, Sean JAMES, Marcello MORCIANO *et al.* : The effect of lengthening life expectancy on future pension and long-term care expenditure in england, 2007 to 2032. *Health Statistics Quarterly*, 52 (1):33–61, 2011.
- Adele H MARSHALL et Sally I MCCLEAN : Using coxian phase-type distributions to identify patient characteristics for duration of stay in hospital. *Health Care Management Science*, 7(4):285–289, 2004.
- Adele H MARSHALL, Sally I MCCLEAN, CM SHAPCOTT et Peter H MILLARD : Modelling patient duration of stay to facilitate resource management of geriatric hospitals. *Health Care Management Science*, 5(4):313–319, 2002.
- Adele H MARSHALL, Barry SHAW et Sally I MCCLEAN : Estimating the costs for a group of geriatric patients using the coxian phase-type distribution. *Statistics in medicine*, 26 (13):2716–2729, 2007.
- Sylvie MAZIÈRE, Isabelle LANIÈCE, Nassira HADRI, Catherine BIOTEAU, Claire MILLET, Pascal COUTURIER et Gaëtan GAVAZZI : Facteurs prédictifs du déclin fonctionnel de la personne âgée après une hospitalisation en court séjour gériatrique : importance de l'évolution fonctionnelle récente. *La Presse Médicale*, 40(2):e101–e110, 2011.
- Stewart W MERCER et Graham CM WATT : The inverse care law : clinical primary care encounters in deprived and affluent areas of scotland. *The Annals of Family Medicine*, 5(6):503–510, 2007.
- M-H METZGER, P BARBERGER-GATEAU, JF DARTIGUES, L LETENNEUR et D COMENGES : Facteurs prédictifs d'entrée en institution dans le cadre du plan gérontologique du département de gironde (france). *Epidemiology and Public Health/Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique*, 45:203–213, 1997.
- Martin J MILLER, David M FERRIN et Jill M SZYMANSKI : Emergency departments ii : simulating six sigma improvement ideas for a hospital emergency department. *In Proceedings of the 35th conference on Winter simulation : driving innovation*, pages 1926–1929. Winter Simulation Conference, 2003.

- B MONTREUIL, M CHARFEDDINE, O LABARTHE et A CÔTÉ : A generic agent-based framework for simulation in distributed healthcare systems. *In Proceedings of the IEEE Conference on Industrial Engineering and Systems Management*, pages 302–307, 2007.
- Marianne MULLER : L'accueil des personnes âgées en établissement : entre progression et diversification de l'offre. *DREES*, 2017.
- John M MULVEY et Bala SHETTY : Financial planning via multi-stage stochastic optimization. *Computers & Operations Research*, 31(1):1–20, 2004.
- SR NUTTALL, RJL BLACKWOOD, BMH BUSSELL, JP CLIFF, MJ CORNALL, Alex COWLEY, PL GATENBY et JM WEBBER : Financing long-term care in great britain. *Journal of the Institute of Actuaries*, 121(1):1–68, 1994.
- Zeynep OR et Thomas RENAUD : Principes et enjeux de la tarification à l'activité à l'hôpital (t2a). *Enseignements de la théorie économique et des expériences étrangères [document de travail]. Paris (France) : Institut de recherche et documentation en économie de la santé*, 2009.
- Maria B OSPINA, Kenneth BOND, Michael SCHULL, Grant INNES, Sandra BLITZ et Brian H ROWE : Key indicators of overcrowding in canadian emergency departments : a delphi study. *Canadian Journal of Emergency Medicine*, 9(5):339–346, 2007.
- Kenneth J OTTENBACHER, Pam M SMITH, Sandra B ILLIG, Richard T LINN, Roger C FIEDLER et Carl V GRANGER : Comparison of logistic regression and neural networks to predict rehospitalization in patients with stroke. *Journal of clinical epidemiology*, 54(11):1159–1165, 2001.
- Canan PEHLIVAN, Vincent AUGUSTO et Xiaolan XIE : Dynamic capacity planning and location of hierarchical service networks under service level constraints. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 11(3):863–880, 2014.
- Karine PÉRÈS, Carol JAGGER, Agnès LIÈVRE et Pascale BARBERGER-GATEAU : Disability-free life expectancy of older french people : gender and education differentials from the paquid cohort. *European Journal of Ageing*, 2(3):225–233, 2005.
- Carl Adam PETRI : Kommunikation mit automaten. 1962.
- Martin PINQUART et Silvia SÖRENSEN : Differences between caregivers and noncaregivers in psychological health and physical health : a meta-analysis. *Psychology and aging*, 18(2):250, 2003.
- Martin PRODEL, Vincent AUGUSTO et Xiaolan XIE : Hospitalization admission control of emergency patients using markovian decision processes and discrete event simulation. *In Simulation Conference (WSC), 2014 Winter*, pages 1433–1444. IEEE, 2014.
- MA RAETZO : Patients complexes. *Revue médicale suisse*, 13(586):2145–2145, 2017.
- Ben D RICKAYZEN et Duncan EP WALSH : A multi-state model of disability for the united kingdom : implications for future need for long-term care for the elderly. *British Actuarial Journal*, 8(2):341–393, 2002.

- James M ROBINSON : *The old-age crisis, actuarial opportunities : the 1996 Bowles Symposium.*, chapitre Chapter 8 : A Long-Term-Care Transition Model. Society of Actuaries, 1996.
- Douglas T. ROSS : Application and extensions of sadt. *Computer*, 18:25–34, 1985.
- Douglas T ROSS et Kenneth E SCHOMAN : Structured analysis for requirements definition. *IEEE transactions on Software Engineering*, (1):6–15, 1977.
- John W ROWE et Robert L KAHN : Human aging : usual and successful. *Science*, 237 (4811):143–149, 1987.
- John W ROWE et Robert L KAHN : Successful aging. *The gerontologist*, 37(4):433–440, 1997.
- Francisco RUIZ, Felix GARCIA, Luis CALAHORRA, César LLORENTE, Luis GONÇALVES, Christel DANIEL et Bernd BLOBEL : Business process modeling in healthcare. *Stud Health Technol Inform*, 179:75–87, 2012.
- Ömer SAKA, Alistair MCGUIRE et Charles WOLFE : Cost of stroke in the united kingdom. *Age and ageing*, 38(1):27–32, 2009.
- Chris SALISBURY, Leigh JOHNSON, Sarah PURDY, Jose M VALDERAS et Alan A MONTGOMERY : Epidemiology and impact of multimorbidity in primary care : a retrospective cohort study. *Br J Gen Pract*, 61(582):e12–e21, 2011.
- Richard SCHULZ, Aaron B MENDELSON, William E HALEY, Diane MAHONEY, Rebecca S ALLEN, Song ZHANG, Larry THOMPSON et Steven H BELLE : End-of-life care and the effects of bereavement on family caregivers of persons with dementia. *New England Journal of Medicine*, 349(20):1936–1942, 2003.
- David SINREICH et Yariv N MARMOR : A simple and intuitive simulation tool for analyzing emergency department operations. *In Proceedings of the 36th conference on Winter simulation*, pages 1994–2002. Winter Simulation Conference, 2004.
- D SOMME, H TROUVÉ, Y COUTURIER, S CARRIER, D GAGNON, B LAVALLART, R HÉBERT, C CRETIN et O SAINT-JEAN : Prisma france : implementation program of an innovation in health and services system for disabled people. adaptation of a case-management based integration model. *Revue d'épidémiologie et de sante publique*, 56 (1):54–62, 2008.
- Dominique SOMME, Hélène TROUVÉ, Yves PASSADORI, Alain CORVEZ, Claude JEANDEL, Marie-Aline BLOCH, Geneviève RUAULT, Olivier DUPONT et Matthieu de STAMPA : Prise de position de la société française de gériatrie et gérontologie sur le concept d'intégration : texte intégral première partie. *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillissement*, 12(2):5–12, 2014.
- Business Process Modeling Notation SPECIFICATION : Omg final adopted specification. *Object Management Group (February 2006)*. Online available : [http://www.omg.org/bpmn/Documents/OMG\\_Final\\_Adopted\\_BPMN](http://www.omg.org/bpmn/Documents/OMG_Final_Adopted_BPMN), pages 1–0, 2006.

- Melanie STRASSER, Franz PFEIFER, Emmanuel HELM, Andreas SCHULER et Josef ALTMANN : Defining and reconstructing clinical processes based on ihe and bpmn 2.0. *Studies in health technology and informatics*, 169:482–486, 2011.
- Ingrid SVAGÅRD et Babak A FARSHCHIAN : Using business process modelling to model integrated care processes : Experiences from a european project. *In International Work-Conference on Artificial Neural Networks*, pages 922–925. Springer, 2009.
- Soemon TAKAKUWA et Daisuke KATAGIRI : Modeling of patient flows in a large-scale outpatient hospital ward by making use of electronic medical records. *In Proceedings of the 39th conference on Winter simulation : 40 years! The best is yet to come*, pages 1523–1531. IEEE Press, 2007.
- Soemon TAKAKUWA et Hiroko SHIOZAKI : Functional analysis for operating emergency department of a general hospital. *In Simulation Conference, 2004. Proceedings of the 2004 Winter*, volume 2, pages 2003–2011. IEEE, 2004.
- GJ TAYLOR, SI MCCLEAN et PH MILLARD : Stochastic models of geriatric patient bed occupancy behaviour. *Journal of the Royal Statistical Society : Series A (Statistics in Society)*, 163(1):39–48, 2000.
- L TRILLING, B BESOMBES, S CHAABANE et A GUINET : Rapport de recherche sur le projet hrp2. *Investigation et comparaison des méthodes et outils d'analyse pour l'étude des systèmes hospitaliers*, 2004.
- C TUETÉY, P KARCHER, Y-L GROG, T VOGEL et P-O LANG : Les déterminants de la prolongation des séjours en ssrg et les indicateurs du devenir des patients après leur sortie : Étude rétrospective au chru de strasbourg. *NPG Neurologie-Psychiatrie-Gériatrie*, 15(90):337–345, 2015.
- Alexandre VALLÉE et Jean-Noël VALLÉE : Ressenti des aidants de personnes âgées dépendantes atteintes de démence. *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillissement*, 15(2):138–144, 2017.
- Christos VASILAKIS et Lisa KURAMOTO : Comparing two methods of scheduling outpatient clinic appointments using simulation experiments. *Clinical and investigative medicine*, 28(6):368, 2005.
- Isabelle VEDEL, Matthieu DE STAMPA, Howard BERGMAN, Joel ANKRI, Bernard CAS-SOU, François BLANCHARD et Liette LAPOINTE : Healthcare professionals and managers' participation in developing an intervention : A pre-intervention study in the elderly care context. *Implementation Science*, 4(1):21, 2009.
- M WARGON, T COFFRE et P HOANG : 317 durée d'attente des personnes âgées aux urgences et dans l'unité d'hospitalisation des urgences. *Journal européen des urgences*, 17:119–120, 2004.
- AKA WIJEWICKRAMA : Simulation analysis for reducing queues in mixed-patients' outpatient department. *International journal of simulation modelling*, 5(2):56–68, 2006.



- Athula WIJEWICKRAMA et Soemon TAKAKUWA : Simulation analysis of appointment scheduling in an outpatient department of internal medicine. *In Simulation Conference, 2005 Proceedings of the Winter*, pages 10–pp. IEEE, 2005.
- Raphael WITTENBERG, Adelina COMAS-HERRERA, Derek KING, Juliette MALLEY, Linda PICKARD et Robin DARTON : Future demand for long-term care, 2002 to 2041 : projections of demand for long-term care for older people in england. 2006.
- Raphael WITTENBERG, Linda PICKARD, Adelina COMAS-HERRERA, Bleddyn DAVIES et Robin DARTON : Demand for long-term care for older people in england to 2031. *Health Statistics Quarterly*, (12):5–17, 2001.
- Raphael WITTENBERG, Linda PICKARD, Adelina COMAS-HERRERA, Bleddyn P DAVIES et Robin DARTON : *Demand for long-term care : projections of long-term care finance for elderly people*. PSSRU, 1998.
- Philip WORRALL et Thierry J CHAUSSALET : A structured review of long-term care demand modelling. *Health care management science*, 18(2):173–194, 2015.
- [www.pour-les-personnes-agees.gouv.fr](http://www.pour-les-personnes-agees.gouv.fr), 04 2018 : URL [www.pour-les-personnes-agees.gouv.fr](http://www.pour-les-personnes-agees.gouv.fr).
- Haifeng XIE, Thierry J CHAUSSALET et Peter H MILLARD : A continuous time markov model for the length of stay of elderly people in institutional long-term care. *Journal of the Royal Statistical Society : Series A (Statistics in Society)*, 168(1):51–61, 2005.
- Haifeng XIE, Thierry J CHAUSSALET et Peter H MILLARD : A model-based approach to the analysis of patterns of length of stay in institutional long-term care. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 10(3):512–518, 2006.

NNT : 2018LYSEM014

Thomas FRANCK

MODELING, ANALYSIS AND MANAGMENT OF ELDERLY PEOPLE'S  
PATHWAYS IN ACUTE AND LONG TERM CARE

Speciality : Industrial Engineering

Keywords : Elderly People, Acute Care, Long Term Care, Simulation, Optimization

Abstract :

The growing number of dependent elderly people is one of the major issues in France for the coming years. The elderly healthcare pathway is complex because many factors can disrupt the various decision-making. Indeed, dependence, chronic diseases or even the social environment are to be taken into account during a hospitalization or placement over the long term. The care path of the elderly is divided into two parts: (i) acute hospitalization and (ii) long-term care. We first studied the problems related to acute hospitalization with case studies in collaboration with the University Hospital of Saint-Etienne. The first topic concerns the organization of geriatric services, we use discrete event simulation to evaluate the relevancy of an integrated configuration (Acute Care and Rehabilitative Care are the same service). In the same way we evaluate the setting up of a hotline allowing a direct contact between community doctors and the Geriatric Hospital, the goal is to avoid the systematic use of the Emergency Department. We then study long-term care pathways by modeling the states of health of the elderly according to three criteria (degree of dependence, degree of chronic pathologies and degree of social isolation). A Markov chain is used to represent transitions between states. A simulation model is used to determine the size of a territory. Finally, we are interested in optimize patient flows in residential long-term care facilities (EHPAD, USLD) with a stochastic optimization model.

École Nationale Supérieure des Mines  
de Saint-Étienne

NNT : 2018LYSEM014

Thomas Franck

MODELISATION, ANALYSE ET PILOTAGE DES PARCOURS DES  
PERSONNES AGEES EN SOINS AIGUS ET SUR LE LONG TERME.

Spécialité: Génie Industriel

Mots clefs : mot1, mot2, mot3,...

Résumé :

Le nombre croissant de personnes âgées dépendantes est un des enjeux majeurs en France pour les prochaines années. La prise en charge du sujet âgé est complexe car de nombreux facteurs peuvent venir perturber les diverses prises de décision. En effet la dépendance, les maladies chroniques ou même l'environnement social sont à prendre en compte lors d'une hospitalisation ou un placement sur le long terme. Le parcours de soins des personnes âgées se divise en deux volets : (i) les hospitalisations dans le cadre des événements aigus et (ii) la prise en charge des soins de longue durée. Nous avons étudié dans un premier temps les problèmes liés à l'hospitalisation aiguë avec des études de cas en collaboration avec le CHU de Saint-Étienne. Un premier sujet concerne l'organisation des services gériatriques, nous utilisons la simulation à événements discrets pour évaluer la pertinence d'une intégration des deux services en un seul. De la même manière nous évaluons la mise en place d'une hotline permettant de mettre directement en contact les médecins de ville et du CHU, le but étant d'éviter les passages aux Urgences. Nous étudions ensuite les parcours de soins sur le long terme en modélisant les états de santé des personnes âgées selon 3 critères (degré de dépendance, degré des pathologies chroniques et degré d'isolement social). Une chaîne de Markov est utilisée pour représenter les transitions entre les états. Un modèle de simulation est utilisé pour déterminer le dimensionnement d'un territoire. Enfin nous nous intéressons au pilotage des flux de patients dans les structures résidentielles de soins de longue durée (EHPAD, USLD) avec un modèle d'optimisation stochastique.