HAL
open science

Amélioration de la performance par la modélisation des flux logistiques des patients dans un service d'urgence hospitalier

Jihen Jlassi

To cite this version:

Jihen Jlassi. Amélioration de la performance par la modélisation des flux logistiques des patients dans un service d'urgence hospitalier. Sciences de l'ingénieur [physics]. Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis, 2009. Français. NNT : . tel-00637849

HAL Id: tel-00637849

https://theses.hal.science/tel-00637849

Submitted on 3 Nov 2011

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.

ECOLE DOCTORALE COGNITION, LANGAGE, INTERACTION
Université de Paris 8 – Vincennes-Saint-Denis

UNIVERSITE DE SFAX
Faculté des Sciences Economiques et de Gestion

Thèse de Doctorat
Méthodes Quantitatives
Productique et Génie Industriel

AMELIORATION DE LA PERFORMANCE PAR LA MODELISATION DES FLUX LOGISTIQUES DES PATIENTS DANS UN SERVICE D'URGENCE HOSPITALIER

Présentée par : Jihène JLASSI

JURY

M. Abderrahman EL MHAMDI	Professeur à l'Université Paris8	Directeur de Thèse
M. Habib CHABCHOUB	Professeur à l'Université de Sfax	Directeur de Thèse
M. Christian TAHON	Professeur à l'Université de Valencienne	Rapporteur
Mme. Maria DI MASCOLO	Chargé de recherche HdR, G-SCOP Grenoble	Rapporteur
M. Younes BOUJELBENE	Maître de conférence à l'Institut Supérieur d'Administration des Affaires de Sfax	Examinateur

AMELIORATON DE LA PERFORMANCE PAR LA MODELISATION DES FLUX LOGISTIQUES DES PATIENTS DANS UN SERVICE D'URGENCE HOSPITALIER

RESUME

Il est intéressant aux hôpitaux d'aborder la logistique qui s'intéresse à la gestion des flux matières et la logistique qui porte sur la gestion des flux patients. La performance de l'hôpital est fortement liée à l'ensemble des performances des services le constituant, notamment le service d'urgence. La gestion des flux des patients au niveau du service des urgences est l'un des problèmes les plus importants à gérer par les directions hospitalières. L'augmentation en permanence du nombre des patients arrivant sur le service est l'un des facteurs qui rend la gestion de ces flux problématique. L'arrivée aléatoire des patients au service des urgences est la particularité de ce dernier comparé aux autres services de l'hôpital. Cette arrivée engendre un manque de maîtrise de l'amont et de l'aval du parcours du patient et une faible anticipation du processus de prise en charge des patients. L'objectif principal d'un service des urgences est de garantir une prise en charge rapide et qualitative des patients tout en planifiant les ressources du système hospitalier. Le délai de séjour au service d'accueil des urgences est l'un des problèmes quotidiens de ces services.

Le travail présenté dans cette thèse aborde le problème de la minimisation du temps de cycle de parcours d'un patient au sein du service d'urgence de l'hôpital Habib Bourguiba Sfax dont le but d'améliorer la performance de ce service. En effet, l'évaluation des performances d'un système réel se décompose d'une étape de modélisation permettant de passer du système au modèle et d'une étape d'analyse des performances du modèle. Nous avons commencé par la modélisation du processus de passage des patients. Celle-ci permet de mieux identifier les dysfonctionnements et problèmes rencontrés. Ensuite, nous avons proposé de passer à l'étape d'analyse par l'application des deux techniques complémentaires : la simulation et les réseaux de files d'attentes. Ainsi, la simulation trouve son intérêt lorsqu'elle est utilisée pour modéliser les flux de patients complexes et pour tester les scénarii résultants du changement de certains paramètres. Dans cette recherche, nous avons choisi la simulation des flux de patients en utilisant le logiciel Witness. Pour valider les résultats obtenus par ce logiciel, nous avons proposé d'appliquer les réseaux de files d'attentes. Les résultats obtenus par ces deux techniques étaient cohérents. Ils indiquent que les patients passent un temps d'attente important chez le médecin généraliste au deuxième passage des patients et chez le médecin spécialiste. De ce fait, nous avons utilisé le diagramme en arbre et la méthode AHP floue pour déterminer les inducteurs de performance sur lesquels nous avons agit et lancé à nouveau le modèle Witness. Nous avons terminé par l'application de la méthode PROMETHEE II floue pour choisir les actions d'amélioration.

Ces travaux nous ont permis d'une part de démontrer que des méthodes d'analyse et outils de résolution issus du manufacturier peuvent être appliqués au domaine hospitalier. D'autre part, d'aider les responsables du Service d'urgence de l'hôpital Habib Bourguiba à déterminer et classer par ordre d'importance les actions d'amélioration qui permettent la minimisation de la durée du cycle de parcours d'un patient.

Mots Clés : Logistique, Processus des patients, Performance, Service d'Urgence (SU), Modélisation, Simulation, Réseaux de files d'attente multi classe, Indicateurs de performances, Actions d'amélioration, AHP floue, PROMETHEE floue.

PERFORMANCE IMPROVEMENT BY THE MODELLING OF LOGISTICS PATIENTS FLUXES IN HOSPITABLE EMERGENCY DEPARTMENT

ABSTRACT

Emergency departments have become a useful way to access hospital and it is a subject of study for many researchers. The research developed in this thesis aims to improve the performance of the emergency department (ED) of Habib Bourguiba Sfax Hospital and to minimise the cycle time of patients. In fact, the assessment of the performance of system has two steps: the first step is the modelling permitting the system to the model and the second step is the analysis of performances of the model. We started by the description and the modelling of the process by which pass the patients. We first used the extensions of IDEF3 called IDEF3x. In fact IDEF3 is a process description capture method whose primary goal is to provide a structured method by which a domain expert can describe a situation as an ordered sequence of events. Then, we proposed to move to the analysis step by the application of the two complementary techniques: the simulation and queuing networks. We proposed a simulation model which enables us to define indicators to evaluate the performance of the ED of Sfax hospital. The study consists of drawing a passage from a graphic model IDEF3x to a WITNESS model. We applicated the multiclass networks of queues to validate the results got by the simulation model. So booth results are coherent, they show that patients wait a long time to be served in both steps: the specialist physician and the generalist physician in the second passage of the patients. Thus we used the tree diagram and the fuzzy AHP method to determine the inductive of performance on which we have acted and launched again the Witness model. We finished by the application of the fuzzy PROMETHEE II method to the improvement of actions.

These works lead us to conclude that analysis methods and management tools from manufacturing systems can be used to hospital systems. On the other hand, they are used to help the managers of the emergency department of Habib Bourguiba hospital to determine and to classify by order of importance the actions of improvement which permit the minimization of the cycle time of patients.

Key words: Logistics, patients Process, Performance, Emergency Department (ED), Modelling, Simulation, Multi-class queuing networks, indicators of performance, Improvement actions, Fuzzy AHP, Fuzzy PROMETHEE II.

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer en premier lieu ma gratitude à mes deux directeurs de thèse Monsieur Abderrahman EL MHAMEDI, professeur à l'Université Paris 8, et Monsieur Habib CHABCHOUB, professeur à la Faculté des Sciences Economiques et de Gestion de Sfax. Je les remercie pour le cadre de travail qu'ils m'ont fourni, pour leurs conseils judicieux et leurs critiques qui m'ont permis de mener à bien ces travaux. Je ne saurais jamais assez les remercier pour leur confiance, leur encouragement, leur gentillesse et pour tout ce que j'ai appris grâce à eux.

Je tiens aussi à exprimer toute ma reconnaissance à Madame Yasmina HANI, maître de conférence à l'IUT de Montreuil, pour ses conseils, sa collaboration ainsi que pour les échanges fructueux dans la réalisation de ce travail.

J'adresse mes sincères remerciements à Monsieur Lotfi MASMOUDI, directeur financier de l'hôpital Habib Bourguiba de Sfax, pour son aide précieuse et le temps qu'il m'a accordé pour répondre à mes questions.

Je remercie également Monsieur Christian TAHON, professeur à l'Université de Valenciennes, pour l'attention et l'intérêt qu'il a bien voulu porter à mon travail et pour avoir accepté la lourde tâche de rapporteur.

Mes remerciements vont ainsi à Madame Maria DI MASCOLO, chargé de recherche HdR, G-SCOP à Grenoble, pour avoir accepté de juger mon travail en tant que rapporteur.

Toute ma gratitude s'adresse Monsieur Younes BOUJEELBENE, maître de conférence à l'Institut Supérieur d'Administration des Affaires de Sfax, pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Je voudrais remercier tous les collègues membres des deux unités de recherche LOGIQ et MGSI pour la bonne ambiance qu'ils ont assuré.

Merci à mes parents, à mon frère et à ma sœur qui m'ont soutenu en toutes circonstances et sans qui, ce travail n'aurait pu arriver à terme. Merci pour la confiance qu'ils m'ont accordé.

Enfin, que tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, trouvent ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

SOMMAIRE

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE 15

CHAPITRE 1 : CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE…….20

I. INTRODUCTION..... 21

II. CONTEXTE HOSPITALIER 21

II.1 L'hôpital : une organisation complexe 22

II.1.1 Les dysfonctionnements d'origine organisationnelle..... 22

II.1.2 Les dysfonctionnements liés aux comportements et mentalités..... 23

II.1.3 Les dysfonctionnements liés à l'insuffisance des moyens de la connaissance et à leur traitement..... 23

II.2 L'hôpital : contraintes à prendre en compte 24

II.2.1 Contrainte économique et budgétaire..... 24

II.2.2 Contrainte contextuelle 25

III. DOMAINE D'ETUDE……..... 27

IV. PROBLEMATIQUE SCIENTIFIQUE..... 27

IV.1 Description de l'hôpital considéré..... 28

IV.2 Description du service d'urgence..... 32

IV.3 Description du problème 34

V. CONCLUSION…… 36

CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART……..….37

I. INTRODUCTION..... 38

II. SERVICE D'URGENCE 38

III. GESTION PAR PROCESSUS ET MODELISATION 54

IV. CONCLUSION.. 59

CHAPITRE 3 : MODELISATION DU SERVICE D'URGENCE……..….60

I. INTRODUCTION..... 61

II. LA MODELISATION DANS UN SERVICE D'URGENCE..... 61

III. LES OBJECTIFS DE LA MODELISATION…….. 63
IV. LES METHODES DE MODELISATION…… 65
IV.1 Description de la méthode IDEF 67
IV.1.1 IDEF0 68
IV.1.2 IDEF1 70
IV.1.3 IDEF3 72
V. MODELISATION DU SERVICE D'URGENCE DE L'HÔPITAL HABIB BOURGUIBA…. 73
V.1 Définition de IDEF3x 73
V.2 Application 74
VI. CONCLUSION… 76

CHAPITRE 4 :SIMULATION ET RESEAUX DE FILES D'ATTENTE…… ….80
I. INTRODUCTION 81
II. LA SIMULATION DANS UN SERVICE D'URGENCE 81
II.1 Etat de l'art 82
II.2 La démarche de simulation 85
II.3 Outils de simulation spécialisés dans l'analyse des systèmes de flux 87
II.3.1 SLAM 87
II.3.2 SIMAN 88
II.3.3 ARENA 88
II.3.4 WITNESS 88
II.4 Les indicateurs de performance dans un service d'urgences 89
III. LES RESEAUX DE FILES D'ATTENTE 91
III.1 Le modèle du réseau de files d'attente 92
III.2 Le processus de limite 94
III.3 Le Théorème de base 95
III.4 Le Théorème Fonctionnel Centrale Limite : (Functional Central Limit Theorem : FCLT) 97
III.5 Les résultats pour un système monoposte 99
III.6 L'extension du réseau 100
IV. EVALUATION DES PERFORMANCES DU SERVICE 100
IV.1 La simulation 101
IV.1.1 Implémentation sur le logiciel Witness 101

IV.1.2 Validation du modèle de simulation 102
IV.1.3 Diagnostics et Résultats 103
IV.1.4 Utilisation du modèle 104
IV.2 Application des réseaux de files d'attente 106
IV.2.1 Résultats des réseaux de files d'attente multi classe avec une classe prioritaire…..... 106
V. CONCLUSION… 110

CHAPITRE 5 : AIDE AU CHOIX DES ACTIONS D'AMELIORATION……...111
I. INTRODUCTION 112
II. IDENTIFICATION DES INDUCTEURS DE PERFORMANCE 112
II.1 Diagramme en arbre : définition et étapes de mise en oeuvre 113
II.2 Diagramme en arbre : détermination des inducteurs de performance 114
III. LA METHODE AHP 117
III.1 Les ensembles flous 122
III.2 L'AHP floue : état de l'art 123
III.3 L'AHP floue : procédure de mise en œuvre 125
III.4 L'AHP floue : choix des inducteurs de performance 126
IV. EVALUATION DES PERFORMANCES DU PROCESSUS EN CAS DE VARIATION DES PARAMETRES 130
V. LA METHODE PROMETHEE : CHOIX DES ACTIONS D'AMELIORATION 133
VI. CONCLUSION ……137

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.. 137

BIBLIOGRAPHIE... 137

ANNEXES……..... 137
Annexe A : Résultats obtenus par Matlab 122
Annexe B : L'échantillon de 100 patients 123
Annexe C : Etude des lois des arrivées des patients 125
Annexe D : Application de la méthode PROMETHEE floue 126

LISTE DES FIGURES

Figure 1: La distribution des agents de l'hôpital 30
Figure 2: La présentation du service d'urgence de l'hôpital Habib Bourguiba 31
Figure 3: La distribution des agents de l'hôpital 32
Figure 4: La présentation du service d'urgence de l'hôpital Habib Bourguiba 33
Figure 5: Une activité dans IDEF0 69
Figure 6: Graphe IDEF1: Diagramme de classes d'entités (Mayer, 1992) 71
Figure 7: Graphe de IDEF3: construction de base (Us Air Force, 1993) 72
Figure 8: Le diagramme IDEF3x du processus de passage d'un patient dans le service d'urgence (Jlassi et *al*, 2006) (Jlassi et *al*, 2007a) 74
Figure 9: La démarche de la thèse 79
Figure 10: Techniques d'évaluation des performances d'un système (Incera, 2001) 81
Figure 11: Les étapes du processus de simulation (Drogoul, 1993) 86
Figure 12: Le nombre de patients traités par chaque tâche pendant une semaine 102
Figure 13: Nombre de patients traités par chaque tâche pendant une semaine (modèle statique) 103
Figure 14: Nombre de patients traités par chaque tâche pendant une semaine (modèle dynamique) 103
Figure 15: Modèle Witness élaboré (Jlassi et *al*, 2007b) (Jlassi et *al*, 2007c) 104
Figure 16: Le nombre de patients dans le queue (patients cas non grave) 109
Figure 17: le nombre de patients dans le queue (patients cas grave) 109
Figure 18: Le temps d'attente des patients 110
Figure 19: Le diagramme en arbre 114
Figure 20: Le diagramme en arbreproposé (Jlassi *et al*, 2007d) 114
Figure 21: Exemple de niveaux hiérarchiques 119
Figure 22: Ensembles flous 122
Figure 23: Présentation du nombre flou X= (2, 0.5, 0.5) 135
Figure 24: Le modèle proposé pour la minimisation du délai de séjour d'un patient dans un service d'urgence 189
Figure 25: Présentation d'une échelle floue 189
Figure 26: Présentation d'une échelle floue 191

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Etat de l'art en gestion hospitalière 58
Tableau 2: Les principaux sujets d'étude concernant les urgences 63
Tableau 3: Comparaison de quelques méthodes de modélisation (Théroude, 2002) 66
Tableau 4: Tableau récapitulatif de la revue de littérature: simulation du service d'urgence .. 85
Tableau 5: Résultat de la simulation pour une durée de 10000 minutes (1 semaine) 105
Tableau 6: Résultat de la simulation pour une durée de 100000 minutes (25 semaines) 105
Tableau 7: L'échelle de Saaty 120
Tableau 8: Détermination de l'Indice Aléatoire 121
Tableau 9: Résultat de la simulation en cas d'ajout d'un médecin spécialiste 131
Tableau 10: Résultat de la simulation: cas d'ajout d'un médecin généraliste au premier passage 131
Tableau 11: Résultat de la simulation en cas d'ajout d'un médecin généraliste au deuxième passage 132
Tableau 12: Les opérations de base de la logique floue (Zimmermann, 1996) 136

INTRODUCTION GENERALE

Le travail présenté dans cette thèse a été effectué aux deux unités de recherches : MGSI (Modélisation et Génie des Systèmes Industrielle) à l'IUT de Montreuil université Paris8 sous la direction du Professeur Elmhamedi Abderrahman et LOGIQ (Logistique Gestion Industrielle et Qualité) à l'Institut Supérieur de Gestion Industrielle de Sfax sous la direction du Professeur Chabchoub Habib.

Nous exposons dans un premier temps le travail de thèse réalisé, puis dans un second temps le plan de la thèse.

« Les hôpitaux sont en quelque sorte la mesure de la civilisation d'un peuple ». Mémoires de Tenon.

De manière analogue à une entreprise industrielle du secteur des services (transport, hôtellerie,…), les hôpitaux s'efforcent de satisfaire une demande sujette à des phénomènes de saisonnalité. Différentes ressources humaines et matérielles sont mises en œuvre à cette fin et sont disponibles en capacité limitée. Durant ces dernières années, les hôpitaux ont connu une évolution très importante. Le contexte de cette évolution est triple :

- Un contexte réglementaire, encadrant certaines activités, qui impose aux organisations hospitalières une forte adaptation ;
- Un contexte d'exigence de qualité générale qui nécessite une évaluation et une évolution adaptative de l'activité hospitalière;
- Un contexte démographique particulier tenant à l'évolution de la population des médecins anesthésistes et bientôt des chirurgiens.

Par ailleurs, aujourd'hui le patient a perdu sa passivité face au prescripteur pour revendiquer un statut de client à part entière. L'évolution du niveau d'instruction des usagers en fait des partenaires qui veulent comprendre ce qu'on leur fait et prescrit. En cas d'insatisfaction, le client veut changer d'établissement et de médecin. Ainsi, le statut du malade a changé : de malade témoin et soumis, il est devenu malade informé, consommateur averti, revendicatif de son état de santé, ayant par là même des exigences à imposer et à satisfaire. Il est passé du statut de patient inerte et neutre, de patient objet, à celui de patient sujet, client actif qui exige d'être informé et de participer à la décision et à la réalisation des soins puis de les juger.

Les établissements de soins évoluent donc dans un environnement de plus en plus turbulent. Certains d'entre eux, dispersés et de faibles dimensions, s'acheminent vers des regroupements. Il s'impose donc aux établissements hospitaliers de s'affirmer sur un marché de soins où la concurrence ne fait que croître.

Le secteur hospitalier, s'est saisi du terme performance pour insuffler une dynamique d'amélioration de l'organisation hospitalière. On constate un glissement du terme, d'une utilisation médicale pour qualifier les résultats de traitements médicaux sur l'organisme, à une

utilisation organisationnelle pour qualifier l'ensemble des prestations fournies par le système de soins

Afin d'améliorer leur performance, il serait intéressant aux hôpitaux d'aborder la logistique qui s'intéresse à la gestion des flux matières et la logistique qui porte sur la gestion des flux patients (Hammami *et al*, 2004). Notre choix de s'intéresser au flux des patients s'explique par le fait que les difficultés liées au service des urgences sont principalement les flux de patients soumis aux nombreux aléas, la faible anticipation du processus de prise en charge des patients, le manque de maîtrise de l'amont et de l'aval du parcours du patient et la multiplicité des intervenants.

L'Urgence est une mission essentielle de l'hôpital public dont l'une des caractéristiques est son aptitude à faire face à tous les besoins exprimés par la population quelle qu'en soit la nature. L'évolution continuelle des techniques médicales et les exigences toujours plus grandes et justifiées du public, rendent nécessaire une constante adaptation des Services d'Urgences.

Les Services d'Urgence (SU), tel qu'on les connaît actuellement, sont nés aux États-Unis il y a une trentaine d'années. En Europe et en Tunisie, la structuration de ces services est plus tardive. Ils représentent un lieu hautement stratégique pour les établissements hospitaliers, car ils sont au cœur des compétences médicales. Il est par conséquent important pour les hôpitaux d'évaluer les performances des stratégies d'organisation afin d'améliorer le service rendu aux patients et de réduire les coûts d'exploitation.

En effet, la performance hospitalière passe par l'optimisation de la qualité, des coûts et de délai (Minvielle, 1996). A ce titre, l'objectif du travail de cette thèse est d'étudier la performance du Service des Urgences de l'hôpital Habib Bourguiba Sfax en tenant compte d'un critère de performance tel que le temps d'attente des patients. Nous avons choisi de prendre en compte, dans notre étude, un seul aspect de performance qui est le délai, puisque ce dernier a une influence sur les coûts et la qualité. Dans cette étude, nous souhaitons minimiser ce temps et plus généralement le temps de séjour et de traitement d'un patient au sein du service d'urgence de l'hôpital Habib Bourguiba Sfax.

Nous proposons la démarche suivante :

- Modélisation du processus : l'objectif sera de visualiser graphiquement le processus par lequel passe un patient et d'identifier ses différentes activités et tâches. Cette visualisation permettra d'identifier le temps minimum, maximum et moyen qu'occupe le patient au niveau de chaque tâche.
- Evaluation de la performance du processus : Suite à l'étape de modélisation du processus, nous passerons à l'étape d'analyse. Cela par l'application des deux techniques complémentaires pour l'évaluation de la performance d'un système : la simulation et les réseaux de files d'attente.
- Axes d'améliorations : en évaluant la performance du processus étudié avec des indicateurs de performances, nous pourrons identifier les inducteurs de performances les plus pertinents en nous référant à des outils de qualité et des méthodes multicritères. Nous proposerons à ce niveau des axes d'améliorations.

Afin de mener à bien ces travaux, l'étude sera subdivisée en cinq chapitres :

Dans le chapitre 1, nous commençons par présenter le contexte hospitalier. Ensuite, nous mettons l'accent sur la présentation de l'hôpital Habib Bourguiba de Sfax et plus particulièrement sur le service d'urgence. Cette description nous parait nécessaire pour bien situer le contexte de l'étude et discuter de notre problématique. Celle-ci consiste à minimiser le cycle de parcours des patients dans le service étudié.

Un état de l'art en gestion hospitalière sera présenté au chapitre 2. Il sera mené selon deux principaux thèmes : la gestion par processus et la modélisation et les problèmes traités dans un service d'urgence.

Le chapitre 3 sera consacré à la modélisation dans un service d'urgence. Nous commençons par décrire les objectifs et les méthodes de modélisation. Nous nous proposons, ensuite, d'appliquer la méthode graphique IDEF3x pour modéliser le processus des passages des patients dans le service d'urgence.

Dans le chapitre 4, nous nous proposons d'appliquer les deux techniques d'évaluation de la performance d'un système : la simulation et les réseaux de files d'attente. Nous commencerons par un modèle de simulation qui nous permettra à partir des indicateurs d'évaluer la performance d'un processus du service d'urgence de l'hôpital Habib Bourguiba

de Sfax. Le travail consistera à faire un passage à partir d'un modèle graphique IDEF3x vers un modèle Witness. Pour valider les résultats de la simulation par Witness, nous passerons à l'application des réseaux de files d'attentes multi classes, puisqu'il s'agit de deux classes de patients : cas grave et cas non grave, avec priorité des patients cas grave.

Dans le chapitre 5, le diagramme en arbre et la méthode AHP floue seront utilisés pour choisir sur quel inducteur de performance nous pourrons agir et lancer à nouveau le modèle Witness. En nous basant sur les résultats de ce modèle, nous serons capable d'identifier certaines actions d'amélioration. Le choix entre ces actions se base sur certains critères comme le coût et le nombre d'explorations demandé. De ce fait, nous utiliserons la méthode d'aide à la décision multicritère PROMETHEE floue, afin de vérifier les résultats obtenus par la comparaison binaire selon la méthode AHP floue.

Enfin, nous concluons notre thèse en présentant un bilan final de notre travail et en ouvrant quelques perspectives de recherches.

Chapitre 1

CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

Ce chapitre sera consacré à l'identification du domaine de recherche. L'intérêt sera ensuite particulièrement focalisé sur l'hôpital Habib Bourguiba de Sfax et son service d'urgence ainsi que sur la problématique qui nous intéresse.

I. INTRODUCTION

Les établissements de santé cherchent à apporter aux patients qu'ils accueillent le meilleur service possible. La performance hospitalière passe par l'optimisation de la qualité, des coûts et du délai. Ce chapitre nous permet d'expliquer l'objet de notre recherche. Nous présentons successivement le contexte hospitalier et le domaine de recherche qui nous intéresse. Enfin, nous concluons ce chapitre par un exposé de la problématique.

II. CONTEXTE HOSPITALIER

Il est difficile de déterminer où commence et où finit le système de santé. La définition de la santé dans le rapport de l'OMS (2000) est : « La totalité des organisations, institutions et ressources consacrées à la production d'interventions sanitaires. Une intervention sanitaire s'entend de tout effort dont l'objectif principal est d'améliorer la santé dans le cadre de soins de santé individuels, d'un service de santé publique ou d'une initiative intersectorielle ». Un système de santé inclut toutes les activités dont le but essentiel est de promouvoir, restaurer ou entretenir la santé. Les services de santé officiels, y compris la prestation par des professionnels de soins médicaux et individuels, se situent manifestement à l'intérieur de ces limites. Il en va de même des actions des guérisseurs traditionnels et de toute forme de médication, qu'elles soient ou non prescrites par un prestataire, ainsi que des soins à domicile. Des activités traditionnelles de santé publique comme la promotion de la santé et la prévention des maladies, et d'autres interventions favorables à la santé comme l'amélioration de la sécurité routière et de l'environnement.

Les missions de l'hôpital ont évolué et se sont complexifiées avec le temps suivant l'évolution de la société et des technologies. D'un lieu où l'on « soulageait la misère et ses différents maux », l'hôpital est devenu le lieu où l'on « soigne tous les malades et où on les guérit le plus souvent » (Ansoff, 1984). Ainsi, historiquement, c'était un lieu d'asile pour les indigents ; progressivement il est devenu un lieu de prise en charge technicisée et donc un établissement producteur de soins, dès lors soumis aux exigences de la production : qualité, innovation, mobilité, évaluation. Cette transformation de la production hospitalière concerne autant la production médicale que la production non médicale (Ansoff, 1982), c'est-à-dire soignante, administrative,

logistique et technique. Dans ce contexte, la prise en charge apparaît comme un « process de production » où la discipline de tous les intervenants apparaît comme le garant du succès de l'ensemble et dont la qualité doit être évaluée. (Ansoff, 1965) Aujourd'hui, le système hospitalier est désorienté face au défi qui lui est lancé : le défi de la performance.

II.1 L'hôpital : une organisation complexe

Face aux exigences tutélaires et aux missions multiples (Armenakis *et al*, 1993) qu'il doit satisfaire, l'hôpital est non seulement complexe, mais il souffre de dysfonctionnements. Désormais, pour survivre dans un environnement de plus en plus concurrentiel et un contexte de limitation des ressources, les hôpitaux doivent repenser leur fonctionnement et donc imaginer les scénarios du futur afin d'y adapter des stratégies appropriées.

Les sources majeures de dysfonctionnements résident à la fois dans certains principes d'organisation structurelle, dans la résistance au changement dû à certaines mentalités et parfois à l'insuffisance d'outils techniques adaptés. En outre, l'hôpital s'insère dans un système de santé global, où les concepts d'évaluation sont souvent globalement insuffisants.

II.1.1 Les dysfonctionnements d'origine organisationnelle

Au sein des établissements, la division du travail à l'hôpital entre fonctions, services, professions est aujourd'hui d'une très grande complexité. De nombreuses personnes et services concourent à la qualité de la prise en charge d'un patient et aucune méthode simple ne permet de gérer une telle interdépendance. Il est nécessaire désormais de mener une réflexion organisationnelle adaptée et de contrôler l'organisation.

Ainsi, les contrôles menés dans les établissements de santé le sont de manière occasionnelle et ne concernent guère l'établissement sous tous ses aspects, mais se focalisent davantage sur une partie de l'activité ou sur des thèmes spécifiques comme l'hygiène ou le droit des malades. Des programmes de contrôles pluriannuels

systématiques, centrés sur une approche globale et exhaustive de l'établissement, font à l'évidence défaut.

II.1.2 Les dysfonctionnements liés aux comportements et mentalités

Au delà des organisations, le facteur humain relevant des comportements et des mentalités des acteurs a souvent conduit à des dysfonctionnements qui ont empêché l'aboutissement de certaines tentatives de réformes et d'évolutions.

Pendant longtemps, la tradition médicale a privilégié certaines attitudes conservatrices et souvent un corporatisme exprimé par la volonté de conserver le secret sur les activités réellement pratiquées. Les moyens d'approcher des formes d'évaluation collective ont été longtemps exclus de l'enseignement dispensé aux futurs médecins. La résistance au changement et un certain goût de refuser le secret partagé ont conforté l'opacité générale du système.

II.1.3 Les dysfonctionnements liés à l'insuffisance des moyens de la connaissance et à leur traitement

Une des caractéristiques de l'hôpital est son opacité, qui repose sur l'absence de système d'information capable de rendre compte de la consommation des ressources et de la qualité des soins. Les indicateurs mis en place, tels que la nomenclature des actes, le nombre d'entrées, le nombre de journées, la durée moyenne de séjour (DMS) ou le taux d'occupation (TO), reflètent assez mal la nature qualitative du fonctionnement et des pratiques médico-soignantes. Cette défaillance de la nature des indicateurs, pour approcher l'activité et l'absence de fiabilité des indicateurs utilisés, pose donc de réels problèmes. (Auziol *et al*, 1988)

De ce fait, l'hôpital est cloisonné et les problèmes organisationnels n'y ont jamais été identifiés clairement ; les outils de gestion en place "font l'impasse sur l'organisation à l'intérieur de l'hôpital", c'est-à-dire qu'ils cherchent à contrôler les résultats ou les ressources des établissements, mais sans chercher à connaître les causes profondes des dysfonctionnements (Bachman, 1982).

L'ensemble des dysfonctionnements sus-mentionnés met en exergue le manque d'évaluation dont souffrent les établissements de soins. Ces derniers cherchent certes à offrir des soins et des prises en charge de qualité, mais ils ne mettent que trop rarement en place des outils et des mécanismes incitatifs à l'améliorer sans cesse. Pourtant, le contexte et ses évolutions supposent des adaptations constantes de l'hôpital.

II.2 L'hôpital : contraintes à prendre en compte

II.2.1 Contrainte économique et budgétaire

Du fait de l'importance qu'occupe la santé dans la préoccupation des ménages, il est normal que le système de santé suscite de nombreuses questions et analyses. La tendance à l'augmentation de la consommation de soins paraît "inéluctable", même si elle ne doit pas être jugée négativement car elle est "corrélée avec l'évolution de la richesse"(Bechu, 1995). Pour J. F. Mattéi, elle impose une réduction des gaspillages et un engagement dans une démarche conduisant à une meilleure responsabilisation des acteurs, la promotion de l'excellence de l'offre de soins et le développement de la prévention (Bechard, 1969).

L'hôpital public ou privé fait désormais face à la rigueur budgétaire. Cette contrainte budgétaire rend la question de la répartition des ressources, et donc de leur utilisation, essentielle, tout comme celle de la rentabilité des hôpitaux. Toutes ces questions posent en fait le problème du sens de l'action menée et qu'il s'agit de redéfinir. Une évaluation de l'organisation en place semble donc un préalable à toute action dans ce contexte de rigueur budgétaire.

Aujourd'hui, l'ensemble des établissements de soins se trouve confronté à un contexte évolutif et à de nouvelles exigences. Face à tous ces changements, les établissements hospitaliers doivent anticiper la mise en place de nouvelles solutions et évoluer de manière permanente s'ils veulent pouvoir répondre à ces exigences. L'évaluation apparaît alors comme un outil susceptible de connaître ces nouvelles demandes et la capacité des établissements à mettre en place des réponses appropriées.

II.2.2 Contrainte contextuelle

Les principales évolutions de l'environnement ayant un impact sur les organisations de santé sont les suivantes :

Les besoins de santé des patients, qui évoluent sans cesse. L'hôpital doit constamment adapter ses missions à ces demandes (nouvelles pathologies, allongement de la durée de vie, nouvelles demandes liées aux "schémas culturels du moment"). (Beretz *et al*, 00)

Les demandes deviennent de plus en plus précises, spécifiques et personnalisées, ce qui modifie les perspectives d'organisation. L'évaluation apparaît comme un moyen de connaître les exigences et de s'assurer si les établissements y répondent, pour, dans le cas contraire, définir les marges de manoeuvre dont ils disposent pour le faire.

Le patient s'est émancipé : de sujet passif, il est devenu acteur de sa prise en charge (Bordeloup, 1996), ce qui engendre de nouveaux comportements et de nouvelles attentes. Ces aspects se traduisent par le nomadisme médical, l'absence d'attachement à un médecin ou à un hôpital et une demande accrue d'informations susceptibles d'éclairer ses choix. Le consumérisme médical se développe sous différentes formes :

- le développement des associations de malades,

- la publication d'articles présentant un classement des établissements de soins dans les magazines,

- une intensification des actions en contentieux dans le domaine médical.

Une montée concurrentielle au sein du système de santé : Le système de santé est entré dans un contexte de compétition non seulement nationale, mais également internationale. On assiste à un phénomène de montée de la concurrence entre les hôpitaux : le patient n'est plus captif puisqu'il a désormais le choix entre les différentes structures dans lesquelles il peut se faire soigner. Chaque établissement est un des agents du système : il n'a pas l'exclusivité des activités qu'il assure. La concurrence s'exprime donc par des établissements voisins, de statuts identiques ou différents, de tailles identiques ou différentes, mais aussi par les alternatives à l'hospitalisation en termes de médecine de ville, de structures ambulatoires ou de structures d'hospitalisation à domicile (HAD). La concurrence est hétérogène, même

si toutes les activités ne sont pas soumises à la même intensité concurrentielle. Dans ce "jeu", diverses variables se trouvent renforcées comme le coût, la qualité, les délais, l'efficacité ou l'efficience. Dans le cadre d'une concurrence "encadrée"(Bernoux, 1995), la qualité apparaît alors comme une variable clé, d'autant plus que l'offre dépasse la demande. Les patients veulent désormais être informés sur des éléments "concrets" de la prise en charge et de son organisation pour faire leur choix. On assiste donc à une véritable compétition ayant pour enjeu la qualité : l'évaluation est nécessaire pour faire progresser les établissements dans ce domaine, mais aussi pour informer les patients du niveau de qualité atteint.

Les évolutions technologiques : La technologie connaît une évolution rapide et constante. Les progrès de la médecine nécessitent que l'hôpital évolue sans cesse pour s'y adapter, à la fois en termes scientifiques et techniques. Mais le développement d'une activité ne doit pas se faire au détriment d'une ou de plusieurs autres et nécessite donc d'être évaluée en fonction de critères explicites. Il est essentiel de s'assurer en effet que les dépenses induites pour l'achat et le fonctionnement de tout matériel innovant seront couvertes et rentabilisées. Il faut également vérifier que cette technologie, qui modifie les activités existantes, est génératrice de gains de santé et en évaluer les bénéfices.

Les établissements de soins doivent s'améliorer pour remédier aux dysfonctionnements et évoluer pour s'adapter aux exigences nouvelles et aux modifications contextuelles. Dans cette optique, l'organisation et le fonctionnement des structures de soins ne peuvent plus se garder de toute évaluation.

Il convient de remarquer que peu de travaux ont été élaborés dans le domaine de la gestion hospitalière en Tunisie. On peut citer à titre d'exemple les travaux de Ladjimi et Changuel (2004), qui ont parlé des systèmes d'information dans le but de permettre au gouvernernant de réviser les modes de financement du secteur. Nous nous intéressons de notre côté à faire l'étude au sein du service d'urgence, par le fait que ce service devient le mode d'accès privilégié aux soins hospitaliers.

III. DOMAINE D'ETUDE

Le service d'urgences représente la porte d'entrée dans un hôpital. Il est le plus touché et le plus sollicité. De ce fait, c'est là que les problèmes sont les plus importants tout autant que les enjeux.

Le mot d'urgence ne recouvre pas la même réalité pour le public et pour le corps médical. Pour les médecins, les urgences sont les pathologies qui mettent la vie ou une fonction importante des malades en danger. Pour le public, ce sont des détresses qui requièrent l'aide et l'assistance d'un tiers, voire une solution immédiate à une difficulté passagère. Le service des urgences (SU) est le service d'un hôpital où sont dirigés les blessés et les malades dont l'état nécessite un traitement immédiat. Pour Chevalier L'urgence hospitalière, en 1971, est « le cas du malade ou de l'accidenté qui se présente hors des heures de fonctionnement des consultations, ou qui arrive sans rendez-vous à une consultation et qu'on doit examiner et traiter sans délai » En 1990, la mission des services d'urgence est précisée comme étant « l'accueil de tout patient arrivant à l'hôpital pour des soins immédiats et dont la prise en charge n'a pas été programmée qu'il s'agisse d'une situation d'urgence lourde ou d'une urgence ressentie » (Bleichner G *et al*, 1990). Pour A. Bellou et *al* (2003) « Le service des urgences est le lieu d'accueil de tous les patients qui se présentent à l'hôpital pour une consultation ou une hospitalisation et dont la prise en charge n'a pas été programmée». Les SU, tel qu'on les connaît actuellement, sont nés aux États-Unis il y a une trentaine d'années. En Europe et en Tunisie, la structuration de ces services est plus tardive. En quotidienne Il n'existe pas de définition légale de l'urgence ; la mission du système d'aide médicale urgente est définie par la loi du 6 janvier 1986 : elle est de « faire assurer aux malades, blessés, et femmes enceintes, dans quelque endroit qu'ils se trouvent, les soins d'urgence appropriés à leur état ». Notre domaine d'étude sera donc présenté par le service d'urgence de l'hôpital Habib Bourguiba Sfax.

IV. PROBLEMATIQUE SCIENTIFIQUE

Les établissements de santé cherchent à apporter aux patients qu'ils accueillent le meilleur service possible. Améliorer l'accueil et la prise en charge des patients est l'ambition de tous les services d'urgences des établissements de soin. Le service des

urgences (SU) ou service d'accueil des urgences (SAU) a pour mission d'offrir à toute personne en détresse, en pratique à tout sujet qui se présente, une évaluation médicale et un traitement adapté. L'augmentation des admissions aux urgences dépassant quotidiennement les capacités de soins a conduit les services à s'organiser afin d'améliorer leur performance et donc d'augmenter le nombre de patients traités et diminuer le délai de séjour. (Roy *et al*, 2002).

Dans notre étude, nous nous intéressons au service d'urgence de l'hôpital Habib Bourguiba de Sfax (Tunisie).

IV.1 Description de l'hôpital considéré

L'Hôpital Habib Bourguiba a été crée en 1986.il est classé en tant que centre hospitalo-universitaire. Depuis 1993, il est érigé en un établissement public de santé sous tutelle du ministère de la santé publique (catégorie A) d'après la loi 56-92 du 09/06/1992. Il est doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière. Il est considéré parmi les plus importantes structures sanitaires de la Tunisie. Il se présente comme une institution sociale qui vise l'amélioration du niveau de la santé publique par des moyens curatifs et préventifs. Le C.H.UH.Bourguiba n'est en réalité que le prolongement géographique du C.H.U Hédi chaker à valence plutôt médicale. L'activité des deux CHU est complémentaire ; le CHU Hédi Chaker utilise le même plateau technique se situant au niveau de CHU H.Bourguiba (Laboratoires, Radio…)

L'Hôpital H. Bourguiba complète en fait le tissu sanitaire de la région qui comporte outre les deux CHU, trois hôpitaux régionaux : Mahers, Jbéniana et Kherkhena, trois hôpitaux de circonscriptions, un centre ambulatoire de diagnostic et traitement et cent trente centres de santé de base, en plus de la structure privée assez développée (16% des lits de la région) Par ailleurs, sur le plan formation le C.H.U. constitue un terrain de stage pour les élèves de l'école supérieure de sciences et techniques de santé et l'école professionnelle de la santé. Les étudiants de la faculté de médecine de Sfax trouvent dans le C.H.U un excellent milieu pour compléter leur formation pratiques (160 étudiants entre internes et résidents).Le C.H.U. accueille aussi des stagiaires en matière de gestion et de formation biomédicale. L'Hôpital universitaire Habib Bourguiba est un hôpital à vocation essentiellement chirurgical de

535lits. Il comporte les 18 services hospitaliers médicaux présentés par la figure ci-dessous :

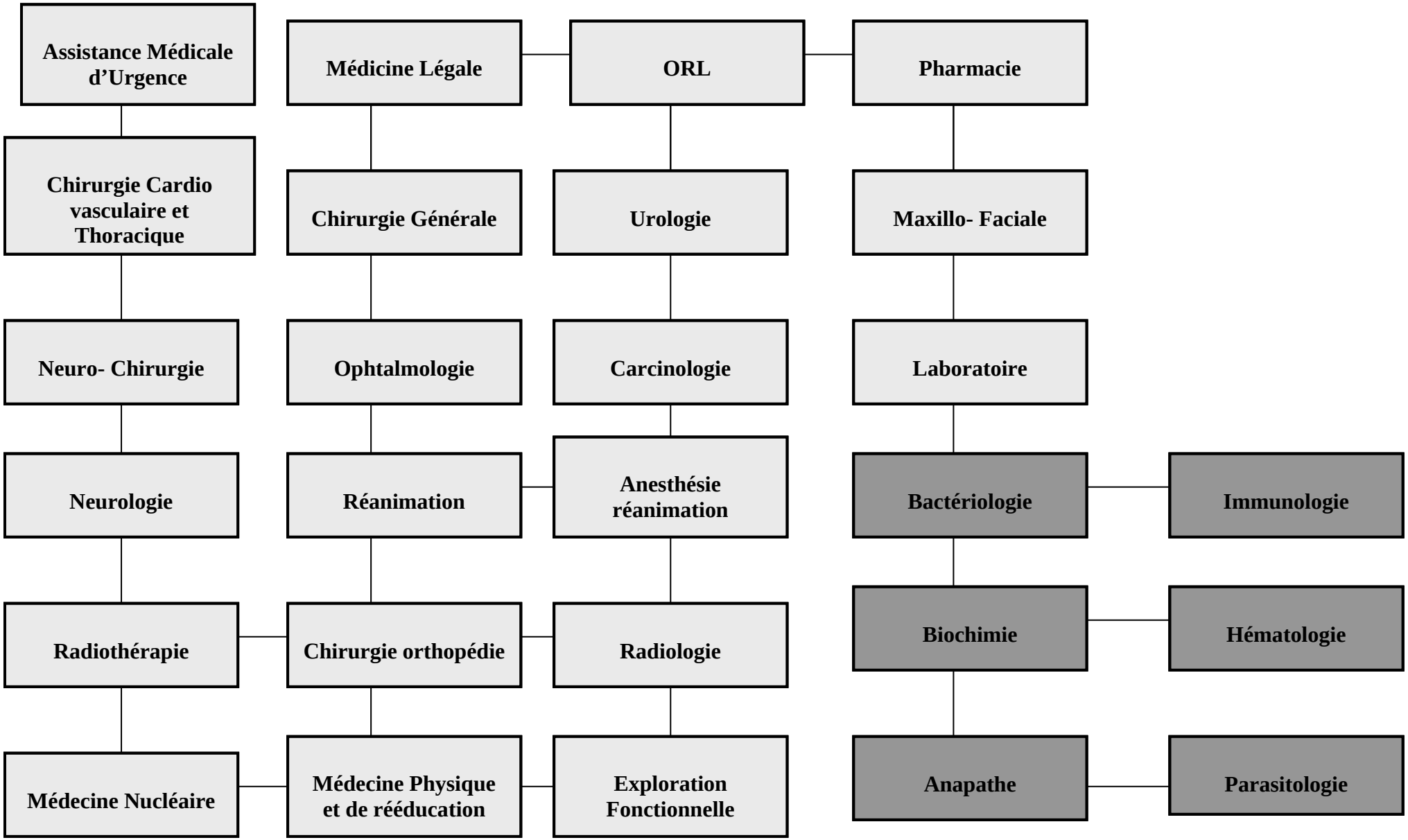


Figure 1: Les services de l'hôpital Habib Bourguiba

L'hôpital comporte un bloc opératoire qui contient 17 salles d'opération :

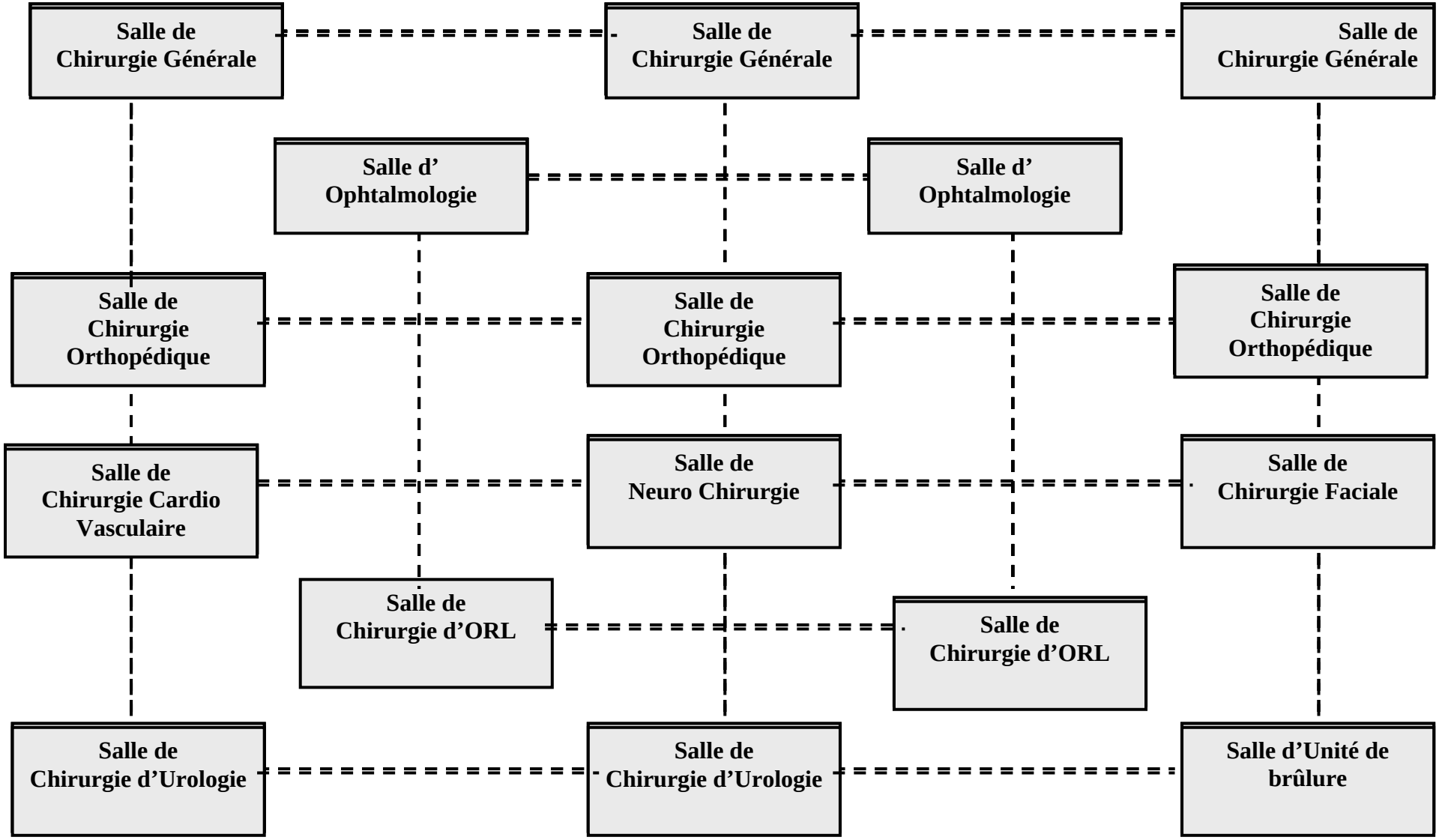


Figure 2: Présentation du bloc opératoire

L'hôpital est composé de 1706 agents distribués comme présentés par la figure suivante :

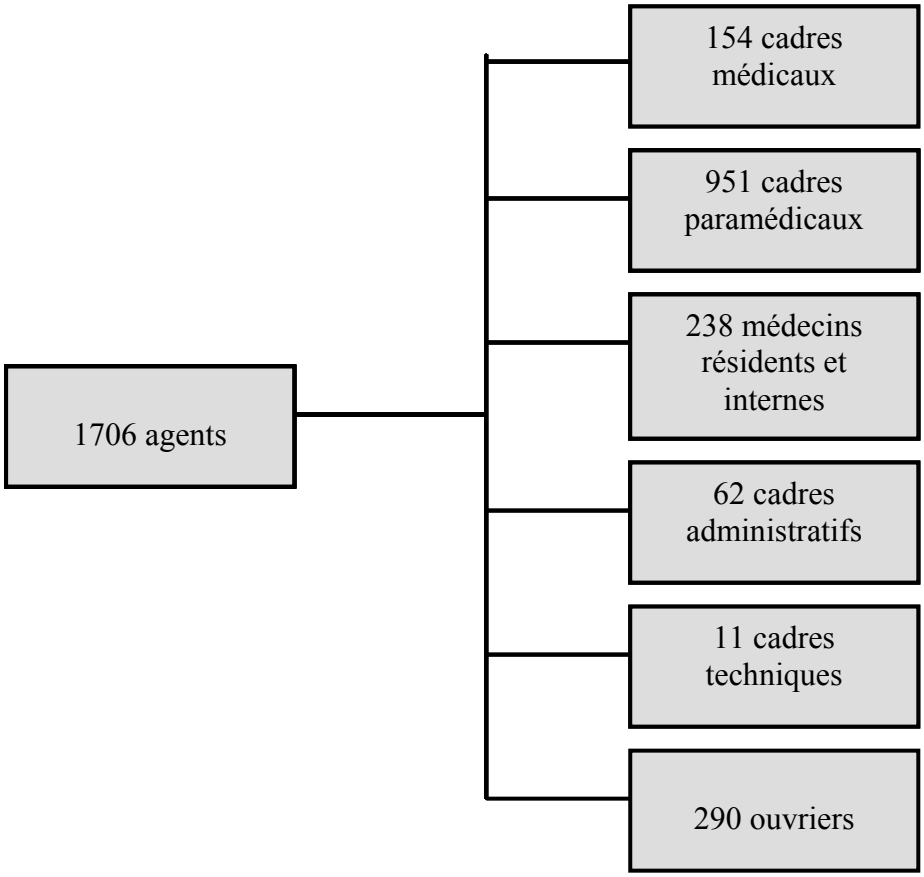


Figure 3: La distribution des agents de l'hôpital

IV.2 Description du service d'urgence

Le service de l'urgence à l'hôpital Habib Bourguiba a été construit en même temps que la création de l'hôpital c'est-à-dire en 1986. Il peut être présenté par la figure suivante :

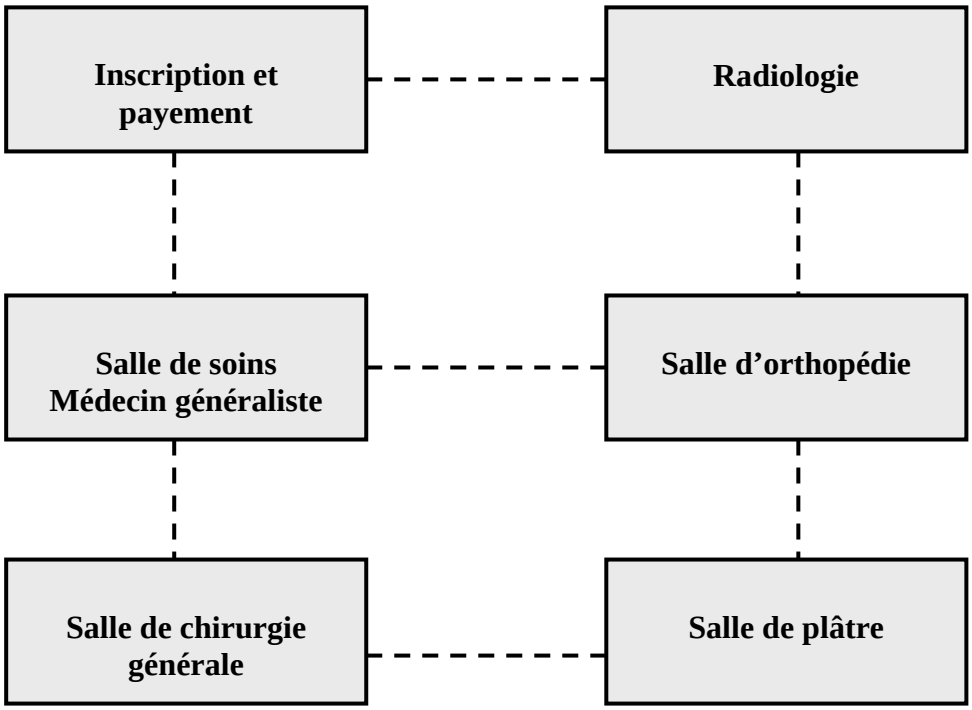


Figure 4: La présentation du service d'urgence de l'hôpital Habib Bourguiba

L'Urgence est composé de 13 agents distribués comme suit :

Pendant le jour

- Trois médecins (un médecin d'orthopédie, un médecin de Chirurgie générale et un médecin général)
- Quatre infirmiers (2 dans les deux salles de soin et 2 dans la salle de plâtre)
- Deux standardisés.

Pendant la nuit

- Deux médecins (un généraliste et un pour l'orthopédie)
- Deux infirmiers

L'Urgence contient aussi un service de police qui doit suivre tous les accidents, les suicides, etc.

IV.3 Description du problème

L'évolution du contexte économique et financier (accélération de la pression budgétaire pesant sur les établissements de santé, mise en place de la tarification à l'activité), social (plus forte pression des patients pour la qualité et la sécurité, mise en concurrence des établissements) et réglementaire (accréditation et développement de l'évaluation des pratiques professionnelles) des établissements de santé en Tunisie, particulièrement l'hôpital Habib Bourguiba de Sfax, fait de l'évaluation de la performance un sujet d'actualité. La performance s'exprime généralement en termes de qualité, de coûts et de délais.

La qualité est aujourd'hui une préoccupation majeure des hôpitaux. Au-delà d'une simple réduction des coûts attachés à la non-qualité, la recherche de la qualité exprime le souci d'une satisfaction permanente des usagers, à l'extérieur de l'hôpital, comme à l'intérieur. Dans ces conditions, les démarches d'évaluation et d'amélioration de cette qualité prennent de plus en plus d'importance dans les modes de gestion des hôpitaux. Face à des inefficacités internes des structures hospitalières publiques tunisiennes, le gouvernement a initié une réforme avec l'appui de la Banque Mondiale ciblant les hôpitaux universitaires. Ses objectifs consistent à instituer une autonomie de gestion et à exploiter un système intégré d'informations qui fournit les informations relatives aux activités et aux coûts des structures hospitalières permettrant au gouvernement de réviser les modes de financement du secteur. Les préalables nécessaires ayant été réunis, un processus de calcul des coûts a été mis en place, dans un nombre progressivement croissant d'hôpitaux universitaires. Ces résultats ont été utilisés par les gestionnaires pour le dialogue interne et pour les négociations avec les caisses de sécurité sociale.

Nous avons choisi de prendre en compte, dans notre étude, un seul aspect de performance qui est le délai, puisque ce dernier a une influence sur les coûts et la qualité. Si on minimise la durée du parcours d'un patient, on peut améliorer la qualité de prise en charge de ce patient et donc minimiser les coûts. De ce fait, la durée est le point le plus significatif. Le problème de notre étude consiste à la minimisation du temps de cycle de parcours d'un patient au sein du service d'urgence de l'hôpital Habib Bourguiba Sfax.

Le délai de séjour est la période qui s'écoule entre l'heure d'arrivée au service d'accueil des urgences (SAU) et l'heure de sortie ou d'hospitalisation. Le délai de séjour au service

d'accueil des urgences (SAU) est l'un des problèmes quotidiens du service d'urgence de l'hôpital Habib Bourguiba. Il est source de plaintes (parfois justifiées) du public et entrave la motivation des médecins urgentistes.

Le délai de séjour est variable selon les statistiques. La première étude en Tunisie faite sur ce sujet date de 1994 (Houala, 1995), incluant 1115 patients admis en urgence au CHU Farhat Hached de Sousse. Ce travail a permis de dégager plusieurs points intéressants concernant le profil des admis, les pathologies en cause et la durée d'attente.

- La première constatation pertinente est le faible taux des admissions par le biais du service des urgences puisque les cas recensés représentent seulement 3,86% des consultants en urgence (cas de chirurgie exclus). Ces admissions ne représentent que 16% des hospitalisations programmées aux services médicaux.
- La durée d'attente moyenne est de 2h30 (extrêmes 1H et 3 jours), moins de 1h pour 28%, entre 1 à 2h pour 32% des admis. Elle est calculée selon l'heure d'accueil aux urgences et l'heure d'inscription au bureau des entrées lors de l'hospitalisation.

Un deuxième travail (Maksoudi, 1998) au même service en 1997, étudiant les malades graves admis à la salle de déchoquage, montre un délai de séjour moyen de 6h55. Donc les urgences graves passent plus de temps au SU.

Différents facteurs peuvent intervenir au niveau de la variation du délai de séjour, tels que :

- Les procédures administratives à l'accueil

Ces procédures sont incontournables, l'inscription et la constitution d'un dossier médical sont obligatoires et courtes généralement. Néanmoins, l'encombrement de l'accueil par les fausses urgences peut les ralentir. Ces formalités sont abrégées pour les malades graves et confiées souvent aux accompagnants.

- Les examens complémentaires

Souvent les patients ont besoin de faire des examens complémentaires. Les analyses biochimiques et la pratique d'imagerie constituent l'étape la plus importante ; souvent nécessaire pour étayer un diagnostic ou pour se décider de l'orientation. Pour certains auteurs (Carrere-Debat, 1991), le délai est plus court chez les consultants sortants que chez les hospitalisés à cause de la réduction des examens complémentaires. Il est curieux de constater que la durée moyenne de l'attente augmente avec l'âge, elle est de 2,3h dans la tranche d'âge

15-29 ans et passe à 2,8h lorsque l'âge dépasse les 65 ans (Houala, 1995). Cette variation n'est pas aléatoire, elle est expliquée par :

- La pathologie complexe de la personne âgée qui nécessite plusieurs examens complémentaires et plusieurs avis spécialisés.
- Les réticences des services hospitaliers.

De ce fait, il est important de modéliser le service d'urgence dans sa globalité fonctionnent afin de mieux comprendre les causes de rallongement du délai et donc améliorer la performance.

V. CONCLUSION

La performance hospitalière fait actuellement l'objet d'un large débat en raison des évolutions profondes du système de santé. La difficulté à définir la performance des systèmes de soins résulte de nombreux facteurs, en particulier de son aspect multidimensionnel. Son évolution et son pilotage impliquent la connaissance et la maîtrise des processus mis en jeu au sein des systèmes de soins.

Dans ce chapitre nous avons défini les éléments importants à considérer dans la démarche d'amélioration du système de soin. Nous nous sommes particulièrement penchés sur le service d'urgence qui constitue une porte vers l'hôpital. Nous avons vu qu'il y avait différents facteurs importants à gérer pour le bon fonctionnement du service d'urgence. En particulier, nous nous intéressons à l'optimisation du temps de cycle du parcours des patients à travers la minimisation du délai de séjour. Pour cela, nous nous devons de mettre en place une démarche rationnelle, à travers des méthodes et outils appropriés pour l'élaboration des indicateurs de performance structurant les informations qui permettent de décider des actions à engager pour atteindre les objectifs visés.

Cette démarche d'évaluation de la performance doit s'accompagner d'une démarche de conduite des actions d'amélioration de la performance en exploitant les méthodes et les outils permettant d'optimiser les processus et les flux d'activités associés. Dans le chapitre 2 nous allons présenter un état de l'art détaillé des méthodologies existantes.

Chapitre 2

ETAT DE L'ART

Dans ce chapitre, nous présentons un état de l'art portant sur les travaux qui ont étudié la gestion par processus et la modélisation dans les systèmes hospitaliers. De même nous exposons certains problèmes traités dans les services des urgences.

I. INTRODUCTION

Plusieurs thèmes de recherches ont été abordés dans le domaine des hôpitaux. Dans ce cadre plusieurs revues, tel que « Health Care Management Science », « European Journal Of Operational Research », « Management Science », « Revue de Gestion », et congrès, comme GISEH, sont le support de nombreuses réflexions. L'hôpital doit faire face à un certain nombre de difficultés définies par Pascal (2000) comme : « cloisonnement et segmentation trop forte des activités, hiérarchie trop lourde, manque de cohérence dans les paramètres de l'organisation hospitalière, démotivation des personnels, fonctions de production non optimales, problèmes de circulation de l'information ». Pour faire face à cette complexité de fonctionnement les travaux entrepris à ce jour et rencontrés dans la littérature traitent les problèmes de gestion hospitalière par secteur ou entité ou service au sein de l'hôpital.

Il est à noter que nous nous intéressons plus particulièrement au service d'urgence qui fera l'objet d'une étude plus détaillée ultérieurement. Nous allons présenter au début du chapitre une étude comparative entre différents services d'urgences de certains pays européens et aussi des recherches faites pour améliorer la performance dans un service d'urgence. Ensuite, nous allons synthétiser certains travaux qui ont traités la gestion des processus et la modélisation, puisque ce sont les méthodes que nous allons utiliser dans les chapitres suivants.

II. SERVICE D'URGENCE

Des études comparatives ont été faites entre les différents services d'urgences de certains hôpitaux, tel que le travail de Reix (2000) qui réalise une étude de l'organisation des différents systèmes d'urgences dans des pays européens; le résultat était le suivant:

Le Royaume Uni : Exemple d'un service d'urgence : le Royal London Hospital à Londres

Problèmes et solutions proposées

1. Pour répondre à l'augmentation de fréquentation dans les services d'urgence, il faut augmenter le personnel médical et paramédical qui y travaille :

- Augmenter de 40 % le nombre de médecins consultants dans les services d'urgence pour couvrir la demande.
- Recruter 600 nouvelles infirmières d'ici 2003 avec prise en charge par celles ci des problèmes mineurs médicaux.

2. Les admissions par les urgences ont augmenté de 20 % et le taux d'occupation des lits a atteint environ 90 % au sein du NHS. Des études ont montré qu'un taux d'occupation des lits supérieur à 85 % pour un hôpital de taille moyenne conduit à une augmentation des délais d'attente dans les services d'urgence et à l'annulation des interventions chirurgicales programmées : Un investissement de 50 millions de livres est proposé pour réorganiser les capacités d'accueil au sein du NHS et surtout utiliser les lits au sein du secteur privé.

3. Il existe des difficultés pour organiser la sortie des patients qui sont hospitalisés vers des structures de moyen ou long séjour ce qui augmente les attentes aux urgences pour ceux qui ont besoin d'un lit :

- Un investissement de 100 millions de livres est proposé pour améliorer et augmenter les capacités de ces structures d'aval
- Renforcer les soins à domicile pour les personnes âgées dépendantes qui n'auraient plus besoin d'une hospitalisation en soins aigus.

4. La pression sur les services d'urgence résulte aussi de l'augmentation du désir de prise en charge immédiate pour des problèmes ne relevant pas forcément de l'urgence :

- Ces consultations doivent être orientées vers d'autres structures que les services d'urgence comme des centres de Diagnostic et de Traitement dont le nombre doit être augmenté dans des grandes villes comme Londres.
- Dans les services d'urgence, une différence doit être faite entre les consultations « de routine » et celles « d'urgence ».

5. Les centres de diagnostic radiologique ne sont disponibles que durant les heures ouvrables et pas le soir ni le week-end :

- Un effort est demandé pour réorganiser ces structures et assurer une disponibilité permanente, en établissant des accords avec le secteur privé.

6. Les délais de prise en charge peuvent être très longs pour les patients qui font partie des catégories 4 ou 5 du triage initial car ils seront systématiquement vus après les autres ce qui augmente le niveau d'insatisfaction de la population et détériore la qualité de travail du personnel soignant en permanence sollicité par ceux-ci :

- Détacher une partie du personnel soignant pour faire ces consultations en parallèle dont certaines seront assurées par les infirmières dont le nombre doit être augmenté (cf plus haut)

7. Les patients consultent dans les services d'urgence car ils ne savent pas à qui s'adresser :

- Redéfinir le rôle de chacun et assurer un travail en équipe dans la délivrance de soins primaires en ville et aux urgences (ex : dans certains hôpitaux les

infirmières évaluent les patients, donnent les premiers soins, prescrivent les examens d'imagerie...)

8. Les patients ont souvent le sentiment de ne pas s'adresser au bon service et d'avoir des avis différents :

- Mise en place du « NHS Direct » qui permet au patient, à partir d'une base de références cliniques (« Clinical Assessment System ») d'avoir une évaluation précise de son problème et d'être orienté vers l'interlocuteur le plus apte à répondre à sa demande.
- Certaines équipes de soin ont à disposition ce système d'évaluation qui doit être répandu et sera réévalué à distance.

Ce système a pour but d'améliorer l'évaluation initiale et de permettre à certains de ne pas attendre dans les urgences si des conseils simples de traitement leurs sont donnés et qu'ils peuvent les faire seuls (=20 % des patients des services d'urgence soit environ 2,4 millions de patients par an). D'autres peuvent simplement consulter le personnel médical ou paramédical des centres de soins primaires de proximité au lieu d'aller aux urgences.

9. Les patients avec les mêmes problèmes reçoivent des conseils différents en fonction des services, des lieux de consultations...

- Elaboration de protocoles nationaux au sein du NHS à partir d'études de qualité en ce qui concerne les soins d'urgence.

Belgique : Exemple d'un service d'urgence : le service des urgences de Dinant

Difficultés rencontrées :

- Augmentation constante de la fréquentation du service des urgences de 7% par an probablement liée à un accroissement des exigences de la population en matière de santé et à la gratuité des soins en secteur hospitalier.
- Augmentation d'environ 5% en 5 ans du nombre de visites de personnes en grande difficulté sociale, ce qui représente environ 10% des consultations totales.
- Augmentation non chiffrée de la violence aux urgences liée à la paupérisation de la région.
- Attente de la reconnaissance du SMUR dont la charge financière est portée par le service des urgences pour l'instant.
- Nécessité d'installer une coopération transfrontalière avec les services du SAMU du département 08 français, le projet est en cours

Suède : Visite du service des urgences de SODERSJUKHUSET

Difficultés :

La principale difficulté concerne la prise en charge des personnes âgées pour lesquelles il n'y a pas de structures d'aval. Chaque année environ 120 000 consultations ne relèvent pas de l'urgence et surchargent le service (40% des consultations)

Norvège : Exemple d'un service d'urgence : « Ulleval University hospital » à Oslo.

Difficultés :

- La plus grande difficulté est de trouver des lits d'hospitalisation dans l'hôpital pour les patients, les transferts ne se font généralement pas car chaque hôpital a le même problème.
- Il n'y a pas eu d'augmentation récente de la fréquentation des urgences ceci est dû au fait que l'accès est filtré par les ambulances ou les généralistes. Si un patient se rend aux urgences pour un problème sans critère de gravité, il sera renvoyé sur les consultations de médecine générale dans les centres de santé municipaux.
- Problème de violence urbaine qui se répercute au niveau du service avec idée d'aménager une porte sécurisée à l'accès pour la nuit.

Une autre étude était faite par Marielle Chodosas (2002) qui étudie l'organisation des différents systèmes d'urgence dans cinq pays européens : la France, l'Allemagne, l'Espagne, l'Italie et le Portugal. Les résultats sont les suivantes

France : Exemples de 2 services d'urgence.

1. " Service des urgences du centre hospitalier Nord Deux Sèvres, UPATOU.

Difficultés :

- Difficultés liées à l'organisation du service :
- Les lits portes ainsi que les lits d'hospitalisation d'aval manquent.
- Le service des urgences est trop petit et manque de salles d'examen.
- Le plateau technique est trop dispersé.
- Difficultés liées à la fréquentation du service :
- La fréquentation du service a augmenté au cours des 12 derniers mois de jour comme de nuit. Des moyens matériels et humains semblent avoir été mis en place pour y pallier.

- Les consultations pour problèmes sociaux représentent 10 %, les problèmes médicaux non urgents 5 %, les problèmes liés à l'alcool 5 %, les problèmes liés à la drogue et les problèmes médico-légaux moins de 1 %.
- Il y a peu de violence dans le service des urgences.

2. " Service des urgences du centre hospitalo-universitaire Saint-Antoine à Paris, SAU :

Difficultés :

- Liées à l'organisation du service

- Le service « Porte » est insuffisant, la plupart du temps surchargé, avec une durée moyenne d'hospitalisation supérieure à 24 heures.
- Les lits d'aval sont aussi largement insuffisants, sans lits réservés aux urgences. Ce phénomène est encore accentué pendant l'été, où beaucoup de lits ferment faute de personnel.
- Le transfert des patients vers d'autres établissements publics est très difficile, tous les hôpitaux connaissant le même problème de pénurie de lits d'aval ; les transferts sont quasiment impossibles dès qu'il s'agit d'une personne âgée. Les transferts vers des établissements privés sont parfois plus faciles, à condition que le patient soit assuré et solvable.
- Les boxes d'examen sont en nombre insuffisant dans le service, entraînant parfois une surcharge en salle d'attente.

- Liées à la fréquentation :

- Le service connaît une augmentation de fréquentation d'environ 5 % par an, aussi bien de jour que de nuit, sans qu'il y ait de moyens matériels et humains entrepris.
- Les consultations dites « sociales » représentent 1 % des motifs de consultation (une assistante sociale est présente tous les jours) ; les problèmes médicaux non urgents représentent 20 % des passages aux urgences, les consultations liées à l'alcool 20 %, et les problèmes médico-légaux 4 %.
- La violence est fréquente dans le service, aussi bien physique que verbale

Allemagne : Exemple d'un service d'urgence hospitalier. « Städlisches krankenhaus », à Karlsruhe,

Difficultés, problèmes :

- Difficultés liées à l'organisation du service :

- Il manque des lits en médecine surtout, en neurologie et en réanimation.

- Les transferts vers d'autres hôpitaux sont difficiles, car les lits manquent aussi.
- La place semble insuffisante dans le service d'urgence.
- Le service de radiologie est souvent saturé.
- Les ambulances manquent ainsi que les brancardiers.

• Difficultés liées à la fréquentation du service :

- Le service connaît depuis sa création en 1998 une augmentation de fréquentation, aussi bien le jour que la nuit : 23 899 patients en 1998 et 28 130 en 2000.
- Des moyens matériels et humains ont été mis en place pour faire face à cette augmentation.
- Les patients consultant pour raisons sociales représentent 1 % de la totalité des patients, les problèmes médicaux non urgents représentent 10 % des consultations (pourcentage stable), les pathologies liées à l'alcool représentent 2 %. Il y a peu de consultations en rapport avec la drogue et médico-légales.
- Peu de violence dans les urgences.

L'Espagne : Exemples de 3 services d'urgence hospitaliers.

1. " Hôpital Costa del Sol à Marbella en Andalousie

Difficultés ou problèmes :

• Difficultés liées à l'organisation :

- Il ne semble pas exister de difficultés de transfert des patients dans d'autres hôpitaux ; seulement 5 % des patients sont transférés.
- Peu de problèmes de disponibilité en lit d'aval : la durée d'attente moyenne avant l'hospitalisation est de 3 heures et les patients ne restent pas plus de 24 heures dans les lits d'hospitalisation de courte durée des urgences.
- L'espace de travail semble manquer dans le service.
- Pas de manque de personnel paramédical ni médical.

• Difficultés liées à la fréquentation du service :

- Le nombre de patients par jour augmente de 8 à 10 % par an, aussi bien de jour que de nuit, avec un taux d'hospitalisation qui reste stable à environ 10 %.
- Le nombre de patients consultant pour des pathologies pouvant être traitées en ville représente 50 %. Le nombre de patients consultants pour des problèmes économiques augmente (pas de chiffre disponible).
- Il n'existe pas de violence objectivée dans le service.

2. " Hôpital Universitaire « Virgin del Rocio » à Séville.

Difficultés et problèmes :

- Difficultés liées à l'organisation du service :

- difficultés de transfert d'un hôpital à un autre ;
- problèmes de disponibilité en lits dans les services surtout l'hiver ; les patients attendent souvent longtemps leur place dans un service après être passé aux urgences, les sorties se faisant souvent en fin d'après midi ;
- le délai d'attente des patients avant prise en charge ne semble pas poser problème, sauf pour les patients de la catégorie 4 qui attendent plus et qui voient les autres patients passer avant eux ;
- le personnel médical et paramédical est insuffisant en quantité ;
- Il n'existe pas de laboratoire propre aux urgences, et le temps de récupération des résultats des examens biologiques de base est très long (environ 3 à 4h) ;

- Difficultés liées à la fréquentation du service :

- Le nombre de patients consultant aux urgences augmente d'environ 5 % par an, sans que des moyens particuliers aient été pris ;
- Les problèmes médicaux non urgents (groupe 4) représentent environ 50 % des motifs de consultation ; les problèmes sociaux restent peu fréquents (environ 1 %) et sont associés à des problèmes médicaux dans la majorité des cas ; l'alcool et la drogue sont des motifs de consultation dans 5 % des cas ; les problèmes médico-légaux concernent 1 à 2 patients par jour.
- La plupart des patients viennent aux urgences de leur propre chef, sans être passés par leur médecin traitant, phénomène s'expliquant en partie par les longues listes d'attente pour les consultations spécialisées dans les centres de soins primaires ;
- La violence existe dans ce service, surtout verbale ; un service de sécurité privé assure une présence 24h/24.

3. " Hospital clinico à Barcelone, Catalogne.

Difficultés et problèmes :

- Difficultés liées à l'organisation du service :

- Le manque de lits d'aval semble être un problème majeur dans ce service ;
- Il n'y a quasiment pas de transferts car l'hôpital est un hôpital de référence ;
- L'espace de travail est insuffisant dans le service ;
- Le délai d'attente des patients aux urgences semble être un point à améliorer ;

- Le personnel infirmier plus que médical est insuffisant.

- Difficultés liées à la fréquentation du service :

- Le nombre de patients consultant aux urgences est en augmentation (non chiffrée) surtout la nuit.
- Peu de moyens humains et matériels semblent avoir été pris pour y pallier.
- Les pourcentages de patients consultant pour des problèmes sociaux, des problèmes médicaux non urgents et des problèmes d'alcool n'ont pas été quantifiés.
- Il n'y a pas de problème de violence dans le service.

L'Italie : Exemple de 2 services d'urgence hospitaliers

1. " Service des urgences de l'hôpital civil de Brescia en Lombardie:

Difficultés ou problèmes :

- Difficultés liées à l'organisation du service :

- Les lits d'aval disponibles sont rares.
- Il y a quelques difficultés à transférer les patients vers d'autres hôpitaux.
- Peu de problèmes de délai d'attente des patients et de manque de place aux urgences.
- Le nombre de médecins semble suffisant, par contre les infirmiers manquent.

- Difficultés liées à la fréquentation du service :

- Le nombre de passages aux urgences a tendance à augmenter, ce qui a été suivi d'une augmentation de moyens matériels et humains pour le service.
- La proportion des patients consultant aux urgences pour des problèmes sociaux (solitude, isolement, abus de drogues, réfugiés sans papiers, personnes âgées…) représente 12 % du nombre total de consultations.
- Les consultations qui pourraient relever de la médecine ambulatoire (code Blanc au triage) représentent 35 % du nombre total de consultations.
- Les problèmes liés à la consommation excessive d'alcool représentent 1 % des consultations.
- Il ne semble pas exister de problème de violence au sein du service d'urgence.

2. " Service des urgences de l'hôpital Luigi Sacco à Milan :

Difficultés ou problèmes :

- Difficultés liées à l'organisation du service :

Le service est dimensionné de façon adéquate au regard des besoins actuels, et il n'est pas fait état de difficultés particulières pour le placement des patients nécessitant une hospitalisation.

- Difficultés liées à la fréquentation du service :

- La fréquentation du service est en constante augmentation depuis sa création en 1998
- Pour les 2 tiers d'entre eux les patients résident à Milan, alors qu'un quart réside dans le reste de la Lombardie, et que les autres proviennent des autres régions.
- La violence des patients et de leurs accompagnants est devenue une réalité quotidienne.

Portugal : Exemples de 2 services d'urgence hospitaliers.

1. " Service des urgences de l'Hôpital Garcia de Orta à Lisbonne.

Difficultés et problèmes :

- Difficultés liées à l'organisation du service :

- Il semble exister un manque de lits d'aval pour les patients vus aux urgences et nécessitant une hospitalisation.
- Peu de patients sont transférés sauf pour la chirurgie cardiaque.
- Manque d'espace dans le service des urgences, et manque de boxes d'examen.

- Difficultés liées à la fréquentation du service :

- Le service a noté une augmentation du nombre de patients consultant aux urgences, aussi bien le jour que la nuit, sans qu'il y ait eu d'augmentation de moyens matériels et humains concomitants.
- Les patients consultant pour raisons sociales représentent 5 %, les consultations liées à l'alcool et aux drogues 5 % chacune, les problèmes médicaux non urgents 60 %.
- La violence est surtout présente sous forme verbale (violence physique rare).

2. Service des urgences de l'hôpital São Francisco Xavier à Lisbonne

Difficultés et problèmes :

- Difficultés liées à l'organisation du service :

- « Ecoulement »difficile des malades à partir du Service Porte,
- Manque d'intimité lors de l'observation des malades,
- Manque de zones de repos pour le personnel,
- Manque de personnel spécialement préparé pour un service d'urgence,

- Appui « social » nécessaire entre 17 heures et 9 heures et pendant les week-ends.

  - Difficultés liées à la fréquentation du service :

- Le nombre de malades qui se dirigent à ce service d'urgence s'est maintenu stables ces dernières années. Par contre l'âge moyen des malades hospitalisés a augmenté.
- Le nombre de "cas sociaux", notamment avec des immigrés, a également augmenté ces dernières années.
- Le pourcentage de malades « non urgents » n'est pas correctement calculé, mais si on considère « urgents » les malades qui sont hospitalisés, ce sont les suivants pour 2001:

  ❖ Service Porte - 8457

  ❖ Réanimation - 353 malades. (La traumatologie peut être considérée toujours comme une urgence; cf. chiffres présentés plus hauts).

- En ce qui concerne la violence, il y a deux aspects à analyser: le premier est celui de la violence (« agression ») qui cause l'observation en urgence; le second est celui de la violence dans les locaux mêmes du service d'urgence; dans ce dernier cas de figure, les cas sont sporadiques, et liés principalement à l'abus d'alcool, à certains facteurs culturels (ethnie tzigane, par exemple) et à des plaintes liées aux délais d'attente parfois excessifs pour quelques malades.

Ces études comparatives entre les services d'urgences de certains pays européens, montrent que ces services ont tous les mêmes problèmes qui sont liés à l'organisation du service comme le manque de brancardiers, le manque de lits, le manque d'espace et aussi l'augmentation du délai d'attente.

L'article de (Gonzalez-Moartinez, 1997) présente un système d'ordonnancement et de suivi de la production dans un service d'urgences. Les fonctionnalités du système et les choix en terme d'interfaces (capteurs, actionneurs) sont décrits. Pour ce qui concerne la liste des fonctionnalités implémentées, on trouve :

- la prévision de la demande basée sur l'exploitation d'un historique de l'activité du service à partir de modèles statistiques,

- la tenue des données techniques qui consiste par exemple à mettre à jour les temps d'interventions à partir du suivi de l'activité,
- l'ordonnancement des interventions aidant à l'affectation des ressources aux interventions et à l'agencement de ces dernières dans le temps, ceci à différents niveaux de décision,
- le suivi d'activités et de réalisation constituant l'historique du système et informant des écarts entre prévisions et réalisations,
- les rapports d'activités permettant d'élaborer des statistiques sur les patients, ressources et activités.

Des cartes magnétiques et codes barres sont utilisés pour alimenter le système, ainsi que des interfaces graphiques pour la communication homme machine. Plus précisément le patient est identifié par une carte magnétique lue lors de ces déplacements, les consommables par un code barre. Des icônes symbolisent les patients et les services afin d'informer de la localisation et de l'état de chacun d'eux. A noter que les couleurs sont bien appropriées à la notion d'état, d'urgence ou de priorité.

Ces dernières années, le nombre des admissions dans les urgences a connu une croissance significative (Huang, 1998). Les hôpitaux de « Plymouth » sont confrontés à une telle évolution. Comme plusieurs autres établissements de soins, l'administration médicale de Plymouth (gérant 12 spécialités) utilise deux périodes d'admission, une pendant le jour de 9h à 21h et une pendant la nuit de 21h à 9h. Ces types d'admission posent les problèmes suivants : il est difficile de satisfaire une demande de soins d'un patient le jour de son admission vue la non disponibilité des médecins durant cette période et ceci provoque des allongements des durées de séjour. Pour répondre à cette situation, l'hôpital s'est engagé dans un projet de réingénierie ayant pour objectif de revoir la façon dont les soins médicaux sont délivrés dans le but d'améliorer l'efficacité des services et la qualité des soins.

Huang propose dans son article un support qui facilite la prise de décision dans les projets de ré ingénierie. Il se concentre sur la conception et l'exploitation des résultats des modèles pour aider à prendre des décisions à partir des données techniques. Les objectifs de ce projet sont essentiellement l'amélioration de la qualité des soins et l'efficacité des services médicaux face à la croissance des admissions dans les urgences. Parmi les mesures à prendre en charge on trouve : la réduction des retards critiques, la gestion des lits, la révision de l'allocation des lits. Le support de prise de décision proposé inclut :

- la détermination des dimensions de l'unité médicale d'un service (lits et chaises).
- La prise de décision pour allouer les lits disponibles aux spécialités afin de réduire la demande de lits supplémentaires.

Huang trouve que les problèmes de planification des lits s'identifient à des problèmes de files d'attente. Les patients arrivent à l'hôpital d'une façon aléatoire, séjournent pour une période aléatoire de temps puis ils sont transférés ou libérés. Pour l'auteur, les problèmes de planification des lits sont trop complexes pour être résolus mathématiquement. Dans ces conditions, la simulation est la technique de modélisation à utiliser. Dans une unité médicale, les éléments majeurs intervenant sur les besoins en lits sont :

- le nombre des admissions en urgences par jour,
- la distribution des dates d'arrivée des patients par jour,
- la durée de séjour d'un patient dans l'unité.

L'auteur veut connaître le nombre de lits à affecter afin de minimiser la demande de lits supplémentaires à prévoir pour le premier quart de l'année 96 (période supposée la plus chargée). Pour répondre à cette question, il a besoin de : la distribution des besoins en lits pour chaque spécialité, l'allocation des lits souhaitée entre les spécialités pour minimiser la demande de lits supplémentaires. Huang a tout d'abord collecté des données du système d'information de l'administration médicale, puis il a élaboré un modèle de simulation après avoir consulté les différents types de personnels (gestionnaire, médecins, infirmiers, coordinateurs des lits). Enfin, il a effectué une analyse ayant pour but de faire comprendre les résultats de la simulation aux gestionnaires.

Wieser *et al* (2002), qui face à une constante augmentation du nombre d'admission au service des urgences des hôpitaux universitaires de Genève, ont proposé une étude logistique afin de garantir les performances et la qualité des prestations. L'analyse systémique des flux a permis de mettre en évidence une sous optimisation de l'allocation des ressources et une désynchronisation des flux physiques et logiques générant un manque de traçabilité. Deux études ont alors été effectuées : une modélisation, par simulation numérique, des flux physiques qui a conduit à une reconfiguration des locaux, à une meilleure utilisation des ressources (humaines et matérielles), à une réduction des temps d'attente des patients et à une anticipation du comportement du « système » en fonction de sa charge ; la définition d'un nouveau concept du système d'information (unique, homogène et cohérent) visant à améliorer la saisie des données et la traçabilité des patients.

Selon Roy *et al* (2002), l'augmentation des admissions aux urgences dépassant quotidiennement les capacités de soins a conduit les services à s'organiser afin de déterminer quels patients devaient être pris en charge rapidement et lesquels pouvaient attendre. Ce processus, dénommé « triage », consiste à déterminer à la phase initiale de la prise en charge d'un patient, la filière adaptée à son état en termes de délai et de type de soins. Cette mission est confiée en France, le plus souvent, aux infirmières d'accueil et d'orientation avec, si possible, un appel à un médecin référant dans les situations complexes et/ou les périodes de débordement. Alors qu'un tri en « très urgent, urgent ou non urgent » s'est avéré décevant, la fiabilité de plusieurs échelles de triage en cinq priorités de prise en charge médicale a été confirmée, par une concordance entre infirmières et médecins, par une corrélation avec le recours à l'hospitalisation et par une bonne reproductibilité. Ces échelles s'appuient sur une classification des motifs de recours et l'estimation des paramètres vitaux et de la douleur. L'utilité réelle du triage dans un service d'urgence dépend des capacités des équipes à s'approprier l'échelle, à intégrer la priorité dans l'organisation des filières de soins et à mettre en place des procédures d'évaluation.

Kizer (2002) a parlé de l'amélioration de la qualité dans le service d'urgence.

Pour Bellou *et al* (2003), le service d'urgence devient le mode d'accès privilégié aux soins hospitaliers, depuis ces dernières années, les difficultés d'hospitalisation, surtout celles des sujets âgés, à partir des services d'urgences n'ont cessé de croître. Les urgences constituent une source de recrutement importante pour les services hospitaliers, 4 patients sur 10 entrent à l'hôpital par le service d'urgence. Les difficultés d'hospitalisation à partir du service d'urgence sont surtout importantes pour les patients âgés. Il existe actuellement 2 filières de prise en charge, l'hospitalisation programmée et l'hospitalisation non programmée. La création d'unités d'hospitalisation de très courte durée spécifique aux services d'urgences a permis de répondre à certaines de ces difficultés. Mais ces unités, sont limitées par le nombre réduit de lits et une durée de séjour inférieure à 36 heures. Certains hôpitaux ont développé des unités de court séjour d'urgence polyvalentes pour accueil des patients admis au service d'urgence ne justifiant pas d'une prise en charge spécialisée. Les auteurs ont proposé de mieux réguler les hospitalisations en intégrant les services d'urgences à des réseaux de soins prenant en charge les différentes filières. Une filière d'aval adaptée à l'hospitalisation des urgences pourrait être organisée. Elle serait constituée du service d'urgence, de l'unité d'hospitalisation de très courte durée et de l'unité d'hospitalisation de court séjour d'urgence

en interface avec les services de médecine interne, de médecine polyvalente, de gériatrie et de spécialités au sein d'un réseau ville-hôpital.

Selon Navas *et al* (2004), en Colombie, comme dans de nombreux pays du monde, les Services d'urgences sont entrain de se convertir en la principale porte d'entrée des hôpitaux. Les auteurs présentent un travail de modélisation du flux des patients du service d'urgence d'un hôpital colombien. Un modèle à base de Réseaux de Pétri de haut niveau du flux de patients dans le service d'Urgence de la Fundacion Cardioinfantil a été présenté de façon à permettre de comprendre les difficultés liées à sa simulation. Les Réseaux de Pétri ont été choisis comme outil de modélisation de par leur grande habilité à décrire des processus asynchrones, concurrents et séquentiels d'une part et parce qu'ils sont structurés grâce à un langage formel et en même temps graphique d'autre part. la construction du modèle, sa vérification et pré validation ont été élaborées à l'aide de logiciels de calculs et de simulation simples. Les résultats de cette première étude montre la similitude entre le comportement du modèle et les données statistiques disponibles sur le flux réel des patients du service d'Urgence de la Fondation.

Trudeau (2004), la problématique des salles d'urgence est au centre de plusieurs débats et préoccupations au sein des pays industrialisés. Au Québec (Canada), dans les salles d'urgence, les références pour les consultations psychiatriques ne sont pas toujours pertinentes. Régulièrement, le manque de confiance envers les agents de liaison en santé mentale à la salle d'urgence, milite en faveur d'une mauvaise utilisation des ressources. C'est pourquoi l'auteur a essayé de démontrer qu'on peut améliorer la pertinence des consultations psychiatriques avec le soutien de l'agent de liaison. Il a utilisé comme outils, deux diagrammes de flux. Le diagramme du « patient sans garde en établissement », le diagramme du « patient avec garde en établissement » et par la suite une analyse AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs effets et de leur Criticité) a été réalisé pour préciser les risques. Les résultats obtenus militent en faveur du bien-fondé de la présence d'un agent de liaison en santé mentale à la salle d'urgence.

D'après Bounekkar *et al* (2004), travailler sur la typologie des trajectoires de soins ouvre le champ d'une meilleure connaissance de la gestion du risque maladie en proposant un autre regard sur la manière dont les assurés sociaux recourent au système de soins et dont les professionnels de santé tentent de répondre à leurs besoins. Ce type de travail peut également

aider les professionnels de santé à mieux comprendre les rythmes et les conséquences des modèles de consommations des usagers afin d'en faire un élément de leur décision en complément de leurs connaissances médicales. Dans ce contexte, les auteurs ont traité et analysé de véritables gisements de données médicales dans l'objectif d'extraire et de décrire des trajectoires de patients ayant recours aux urgences médicales, par le biais des techniques d'Extraction de Connaissances, à partir de Données (ECD), en se fondant sur une modélisation de type processus stochastique. Le premier problème qu'ils ont traité dans cet article est la construction même de la trajectoire à partir des bases existantes en respectant le formalisme des processus stochastiques. Ils ont proposé ensuite de caractériser, de visualiser et de décrire les trajectoires. Ils ont pris en compte la représentation par une image pour analyser et classifier les trajectoires, ce qui permet d'utiliser des concepts liés à l'analyse des plages pour en extraire des paramètres caractéristiques de la trajectoire. Celle-ci est représentée dans un espace de type Rn, ce qui rend utilisable l'ensemble des méthodes usuelles de classification automatique des données. Ce travail a permis de scinder les trajectoires en deux groupes : le groupe de trajectoires dites « chroniques » et le groupe de trajectoires dites « épisodiques ».

Wieser (2004), une étude menée en 2001-2002 au service des urgences de l'hôpital de Genève a mis en évidence une désynchronisation des flux physiques et logiques, induisant une sous optimisation de l'allocation des ressources. Cette étude a montré certaines carences en matière de saisie et traitement en temps réel de l'ensemble des données liées aux patients et aux ressources hospitalières. L'auteur a essayé de définir un nouveau concept de saisie et de mise à jour des données tel que l'utilisation des Tableaux de bord et le système RFID (Radio Frequency Identification).

Certains chercheurs ont étudié les durées de séjour, Tempelhoff (1990) a classé les patients en 6 groupes selon la charge de travail (classification GEMSA), il a démontré une hiérarchie des groupes selon la durée de séjour : G3 < G5 < G2 < G4 < G6. La durée de séjour moyenne varie de 15 min pour le groupe G3 à 110 min pour le groupe G6. Les groupes G4 et G6 sont caractérisés par une charge de travail médicale et infirmière intense et une consommation d'actes radiologiques et biologiques relativement importante.

Au Royaume Uni, Cooke M. *et al* (2002) (2004) proposent une typologie des actions menées pour réduire les délais d'attente ayant fait leur preuve :

- Triage des patients (fast track ou circuit rapide),
- Actions sur les examens complémentaires,
- Impact de l'utilisation des médecins expérimentés, nouveau partage des responsabilités.
- Réorientation des patients avant leur admission (utilisation des « maisons médicales », des services de consultation, accueil téléphonique des patients et des médecins de ville), management des flux de patients au-delà des urgences.

Ces dernières années quelques thématiques de recherches, en Tunisie, commencent à s'orienter vers les problématiques du milieu hospitalier et particulièrement vers les problèmes des services des Urgences, tel que les travaux de Chetaoui *et al* (2002). Pour eux, le service des urgences de l'hôpital régional de Kébili – Tunisie est souvent mal utilisé, ce qui génère un ensemble de problèmes, notamment de grande affluence de cas non urgents, qui sont à l'origine des difficultés rencontrées par les professionnels de la santé touchant la pertinence des services de soins. L'étude a été faite pendant une semaine, 24 h/24; deux questionnaires ont été utilisés. Le premier comprenant deux parties: une remplie par le personnel d'accueil concernant des données générales (identification, couverture sociale,…) et le symptôme/ motif de consultation aux urgences, l'autre destinée aux médecins du service concernant l'évaluation du degré d'urgence réel et la conclusion médicale. Le deuxième questionnaire est rempli par les patients eux-mêmes, ou la personne qui les accompagne, et recueille des données de satisfaction. Sur 205 patients qui ont constitué l'échantillon de l'étude, 94,6% étaient auto-référés. Un tiers seulement des urgences traumatiques étaient des urgences vraies et plus que la moitié des urgences médicales ne nécessitaient pas le recours à un plateau technique hospitalier. 35.6% des cas présentaient un ensemble de problèmes de santé non fréquents dont un quart d'entre eux seulement étaient des urgences vraies. 53% des cas classés comme urgences justifiées ou non justifiées auraient pu ne pas être pris en charge par le service des urgences, si la qualité des soins de santé primaires était meilleure.

Il ressort des résultats de l'étude que le service régional des urgences est souvent sollicité pour des cas qui ne le justifient pas. Davantage d'efforts doivent être déployés dans le domaine de l'éducation pour la santé de la population ainsi que dans le développement du système de santé de base.

III. GESTION PAR PROCESSUS ET MODELISATION

Les travaux de Lagergren (Lagergren, 1998) portent sur l'apport de la modélisation dans la gestion des milieux hospitaliers. La modélisation permet de comprendre le fonctionnement d'un système donné et de prévoir ses réactions face aux différents changements auxquels le système est confronté. Les modèles développés dans ce cadre fournissent la possibilité d'étudier des systèmes non encore existants, de prévoir les conséquences complexes de décisions ou de développements et ils permettent la réalisation virtuelle de tests impossibles ou trop coûteux à effectuer dans la réalité.

De Vries et *al* (1998), présentent un modèle dynamique minimisant le temps d'attente des patients pour les admissions dans les services de soins. Ils retiennent l'exemple des listes d'attente des personnes âgées en psychiatrie. Le modèle permet :

- de traiter quelques aspects dynamiques d'attente pour les unités de soins ;
- d'estimer l'horizon de la liste d'attente,
- d'estimer le temps d'attente moyen à ne pas dépasser suite à des changements imprévus sur les principaux paramètres du modèle tels le nombre des lits disponibles ou le nombre potentiel de patients,
- de discuter d'avance des différents scénarios tels que la réduction en nombre des lits planifiés où la croissance en nombre de patients à prendre en charge.

Dans une liste d'attente les variables les plus importantes à prendre en considération sont d'après l'auteur : le temps d'attente moyen et la longueur de la liste d'attente. Le modèle a été utilisé dans un premier temps en 1991 dans un rapport consultatif ayant pour objectif d'estimer le nombre de lits nécessaires pour la région de la Hague pour les décades à venir. Une deuxième utilisation du modèle a été entreprise en 1992 pour examiner le nombre des lits nécessaires afin de réduire le temps d'attente moyen dans la région de la Hague

En effet, d'après Pascal (2003), les spécificités de la production hospitalière ne constituent pas un obstacle à la mise en œuvre de la gestion des processus à l'hôpital. Bien au contraire, l'irruption du patient en tant qu'acteur à part entière du système de santé sous l'effet conjoint de l'intensification de la concurrence, qui multiplie les opportunités de choix et de comparaison, de la montée du consumérisme et des réformes juridiques qui consacrent les droits des patients, rend, plus que jamais, nécessaire l'adaptation des modes d'organisation autour d'une réflexion sur la valeur des prestations proposées par les établissements de santé.

Le succès des démarches processus à l'hôpital repose sur la capacité à donner du sens à ces démarches à travers une vision unique qui passe par une définition de la valeur des prises en charge intégrant non seulement la vision médicale et la vision tutélaire, mais surtout la vision des patients. Ceci suppose une action non seulement en aval de la prise en charge mais aussi en amont par l'intermédiaire d'évaluations poussées et rigoureuses des besoins du patient. Alors que les services publics cherchent à bâtir des organisations plus flexibles et plus transversales pour mieux répondre aux aspirations des citoyens à des prestations plus différentiées et personnalisées, l'enjeu pour l'hôpital consiste à stabiliser les modes de prises en charge tout en préservant la part d'adaptation et d'innovation requise par chaque trajectoire individuelle. Seule une démarche participative d'analyse des processus par des groupes pluridisciplinaires peut faire émerger de nouvelles façons de faire-ensemble acceptables et métabolisables par les acteurs à travers un double mouvement de déconstruction/reconstruction de leurs pratiques individuelles et collectives. Le processus décrit et formalisé constitue un cadre intégrateur des différentes représentations individuelles des acteurs de la prise en charge, une communauté d'apprentissage permettant de construire, d'expliciter et de formaliser, à partir de la confrontation des différentes interprétations locales, une théorie d'action commune.

Pour Rakotondranaivo *et al* (2005), les réseaux de santé s'imposent depuis quelques années comme une nouvelle donne dans la réorganisation des systèmes hospitaliers pour une meilleure production de soins et une amélioration des pratiques. Au cœur de ce chantier ambitieux, le patient est au centre du dispositif grâce à une prise en charge coordonnée, globale, égal accès aux soins de qualité et de proximité. Une meilleure connaissance de leurs modes de fonctionnement, l'évaluation et l'optimisation de leurs performances relèvent du défi. L'étude a proposé l'approche systémique par processus pour aborder ce mode d'organisation innovant évoluant dans un environnement complexe et mouvant. Cette démarche a conduit à effectuer une modélisation externe et une identification des principaux processus mis en œuvre dans le cadre de cancérologie régional Oncolor. Une application particulière a concerné le processus de production et de diffusion des référentiels régionaux de bonnes pratiques qui sont censés optimiser le processus de prise en charge des patients.

D'après Romeyer *et al* (2004), face aux difficultés multiples rencontrées dans le fonctionnement de son système d'information et compte tenu d'enjeux stratégiques majeurs, le centre hospitalier universitaire de Saint-Étienne a fait le choix de procéder à une révision

complète de son système d'information hospitalier (SIH), s'appuyant sur une forte implication des utilisateurs et sur un pilotage marqué par l'intervention centrale de la maîtrise d'ouvrage. La méthodologie retenue, axée sur la modélisation des processus, s'inscrit dans un environnement propice : la restructuration en profondeur du CHU et en particulier le regroupement de l'ensemble des activités de médecine- chirurgie et des urgences sur un seul site. La description des étapes de la démarche, des résultats obtenus et des suites actuellement envisagées permet de favoriser l'échange d'expérience au moment ou l'informatisation de la production de soins, et notamment du dossier patient, constitue une priorité pour les hôpitaux.

Besombes *et al* (2004) visent que dans le cadre du Plan Hôpital 2007, les tutelles incitent les établissements hospitaliers publics et privés à analyser leurs pratiques et à mesurer leurs performances, pour faire émerger une meilleure organisation des activités hospitalières, combinant qualité du service rendu au patient, et efficience économique. L'enjeu majeur de ces mutations est la maîtrise des dépenses de santé avec la mise en place de la tarification à l'activité, la prise en compte de l'évolution de la démographie des personnels médicaux et paramédicaux, et la rationalisation des moyens par le regroupement et la mutualisation des ressources autour de pôle de compétences. L'article propose une démarche et un accompagnement du changement à l'aide de la modélisation d'entreprise pour la conception et la définition des modes de pilotage appliqués au plateau Médico- Techniques. L'objectif est de tester l'applicabilité de ces méthodes usuellement appliquées au cadre de la modélisation d'entreprise, dans le cas de la modélisation des systèmes hospitaliers. Les auteurs ont utilisé une approche basée sur les concepts de la méthode GRAI. Pour mettre en évidence la modification des pratiques liées au regroupement des blocs opératoires, dans le processus de prise en charge du patient, dans les mécanismes de prise de décision, dans la construction du système d'information comme dans l'évaluation de la performance de chaque bloc puis du Plateau Médico- Technique.

De leur côté Rakotondranaivo *et al* (2005), ont proposé d'aborder la notion de décision dans les organisations socio- techniques et plus particulièrement dans les organisations de santé. La complexité du rôle des acteurs les a conduits à enrichir le modèle classique de structuration sur trois niveaux (stratégique, tactique et opérationnel) et à différentier les décisions de pilotage et celles d'ingénierie. Dans un premier temps, ils ont proposés leurs définitions et concepts pour, ensuite, les confronter à un cas spécifique qui concerne un réseau de santé. Après avoir défini les réseaux de santé et leur place dans le système de santé ils ont

abordé une mission importante de ces réseaux qui concerne la production de référentiels. L'étude relative à l'élaboration de référentiels fait référence à un processus global, elle a pour origine une demande et une sollicitation externe (la recherche scientifique, et des demandes de professionnels non-spécialistes par exemple) et pour issue un impact sur la prise en charge des patients. Ainsi, pour identifier les différents impacts des décisions, le réseau doit être modélisé dans son ensemble avec les liens et les acteurs concernés par l'ingénierie et le pilotage. L'étude de la modélisation avec un support logiciel orienté processus (type MEGA process) permet une validation pertinente des processus de décision et des acteurs des décisions avec les différents partenaires. Le support graphique avec ses différentes possibilités constitue un support pertinent pour la communication. L'étude réalisée avec cette approche relative à la nature et aux niveaux de décision identifie clairement la difficulté de passer de l'ingénierie au pilotage, en effet, ce passage est simple si ce sont les mêmes acteurs ou des acteurs du même milieu professionnel qui sont concernés, par contre cela peut être particulièrement délicat si les acteurs appartiennent à des catégories différentes.

La communication de Briquet *et al* (2004) a pour objectif de proposer une réflexion sur l'organisation et le pilotage des systèmes hospitaliers. Ils ont présenté la modélisation des systèmes hospitaliers : panorama des méthodes potentielles, les raisons du choix de la méthode MECI et une application à l'identification des processus d'un système hospitalier par nature. Ils ont de même présenté le concept de pôle d'activités et les réflexions qui en découlent. Ils ont défini tout d'abord le concept et ont proposé un modèle de pôle basé sur le concept d'unité organisationnelle. Ils ont abordé ensuite la logique de constitution qui résulte d'une enquête effectuée par la Meah sur le terrain, cela a conduit à proposer leur réflexion sur son pilotage. Ces réflexions ont permis de démonter :

- L'apport des techniques de modélisation comme base d'ingénierie des systèmes hospitaliers.
- Les opportunités offertes par la mise en œuvre des structures par pole d'activité.

Mais aussi la nécessité de définir une nouvelle structure de pilotage des systèmes et plus précisément de coordination des pôles d'activité garante de performance globale, la performance devant quant à elle, être redéfinie clairement pour les hôpitaux par rapport à leur but.

Nous constatons, que différents problèmes sont traités au niveau des services d'urgences. Certains chercheurs (Huang, 1998), (Wieser *et al*, 2002), (Navas *et al*, 2004) ont utilisé la modélisation et la simulation; d'autres comme Tempelhoff (1990) et Cooke M. et Coll (2002) (2004) ont donné importance à la durée de séjour pour évaluer la performance de ces services. De ce fait, nous proposons, pour évaluer la performance du service d'urgence de l'hôpital Habib Bourguiba de Sfax et minimiser la durée de séjour des patients, de commencer par la modélisation du processus des flux des patients pour passer ensuite à la simulation.

Thèmes	Auteurs
1. la qualité dans les hôpitaux	Li (1997), Maggi *et al* (2002), Aiello *et al* (2003), Mainz (2003), Arasli *et al* (2004), Che Rose *et al* (2004), Pineau (2004)
2. La gestion par processus et la modélisation	Lagergren (1998), Vries *et al* (1998), Pascal (2003), Romeyer *et al* (2004), Besombes *et al* (2004), Rakotondranaivo *et al* (2005), Briquet *et al* (2005),
3. L'ordonnancement et la planification	Venkataraman *et al* (1996), Ridge *et al* (1998), Jaumard *et al* (1998), Dexter *et al* (1999), Marcon *et al* (2003), Di Martinelly et *al* (2004), Combes *et al* (2004), Chaabane *et al* (2004), Hammami *et al* (2004), Jebali *et al* (2004), Dreset *et al* (2004), Trilling *et al* (2005), Rousseaux *et al* (2005)
4. La gestion des stocks	Hassan *et al* (2005), Di Martinelly (2005),
5. La réorganisation dans les établissements de santé :	Artiba *et al* (2004), Claveranne (2003), Bonvoisin *et al* (2004)
6. système d'information	Romeyer *et al* (2000), Zarama *et al* (2004)
7. Les coûts dans les hôpitaux	Alberto *et al* (2002), Ling *et al* (2003), Wagner *et al* (2003), Ladjimi *et al* (2004),
8. service d'urgence	Gonzalez-Moartinez, (1997), Huang, (1998), Wieser *et al* (2002), Roy et *al* (2002), Kizer (2002), Bellou *et al* (2003), Navas *et al* (2004), Trudeau (2004), Bounekkar *et al* (2004), Wieser (2004), Reix (2000), Chodosas (2002)

Tableau 1: Etat de l'art en gestion hospitalière

Le tableau ci-dessus, présente certains thèmes qui ont été abordés dans le domaine hospitalier. Il convient de remarquer que la majorité des travaux étudiés ont été élaborés en Amérique du nord. Ces dernières années, des projets et des thématiques de recherche en Europe et en Tunisie commencent à s'orienter vers les problématiques du milieu hospitalier. Des revues médicales spécialisées et des congrès ou colloques ont commencé à évoquer les problématiques de gestion hospitalière et, plus précisément, celles des services d'urgences.

IV. CONCLUSION

Des travaux effectués par des chercheurs du milieu médical aussi bien que du domaine des sciences de l'ingénieur sont apparus dans différentes revues.

Dans ce chapitre nous nous sommes intéressés au service d'urgence qui est caractérisé par un système complexe et délicat puisqu'il s'agit de la santé des personnes. Dans les chapitres suivants nous proposons une modélisation et nous expliquons la performance dans ce service. Nous détaillons par la suite le cas tunisien.

Chapitre 3

MODELISATION DU SERVICE D'URGENCE

Dans ce chapitre nous présentons d'abord les objectifs et les méthodes de modélisation tels que la méthode IDEF, puis la modélisation du service d'urgence de l'hôpital Habib Bourguiba.

I. INTRODUCTION

Afin de répondre au mieux au besoin d'amélioration dans un établissement quelconque, il est important de pouvoir proposer une modélisation. Celle-ci va permettre de mieux identifier les dysfonctionnements et problèmes rencontrés. La modélisation constitue une aide considérable au niveau de la phase d'analyse de l'existant.

L'évaluation des performances d'un système réel se décompose d'une étape de modélisation permettant de passer du système au modèle et d'une étape d'analyse des performances du modèle. Ce chapitre présente la modélisation des services d'urgence : les avantages ainsi que les différentes méthodes de modélisation.

II. LA MODELISATION DANS UN SERVICE D'URGENCE

Avant d'entamer la modélisation du service d'urgence de l'hôpital Habib Bourguiba Sfax, nous allons dans un premier temps faire un tour rapide des études réalisées concernant ce point.

Dans Tao *et al.* (2006), il est précisé que l'exigence des soins à apporter aux patients accueillis aux urgences, combinée au contexte économique impose aux établissements hospitaliers et surtout aux services des urgences, des décisions rapides ainsi que l'optimisation de l'emploi des ressources matérielles et humaines pour maintenir la fluidité des patients sans pour autant compromettre la qualité de soins.

La particularité d'un service des urgences, par rapport aux services d'hospitalisation réside dans le fait que les patients ne sont pas programmés. Ils arrivent « au fil de l'eau » et sont pris en charge au fur et à mesure de leurs arrivées. D'après Combes (1994), « cette arrivée de patients soulève les problèmes d'affectation ».

Les difficultés liées au service des urgences sont principalement les flux de patients soumis aux nombreux aléas, la faible anticipation du processus de prise en charge des patients, le manque de maîtrise de l'amont et de l'aval du parcours du patient, la multiplicité des intervenants. L'objectif principal d'un service des urgences est donc

de garantir une prise en charge rapide et qualitative des patients tout en planifiant les ressources du système hospitalier.

Chauvet *et al* (2006) ont recensé plusieurs objectifs liés au service des urgences :

- L'évaluation et l'amélioration du temps d'attente pour la prise en charge des patients,
- L'évaluation des principaux horaires du circuit d'un patient pris en charge au service des urgences,
- La modélisation et la démarche du processus de prise en charge des patients, du flux des patients,
- La simulation des problèmes de gestion et de planification,
- Le développement d'un modèle de simulation pour l'évaluation du système,
- Le choix, le dimensionnement et la gestion des ressources,
- L'allocation des ressources et une synchronisation des flux physiques et logiques,
- La conception d'un système basé sur la connaissance pour faciliter le processus décisionnel,
- Le développement d'un outil pour aider la prise de décisions dans des situations d'urgence.

Dans la littérature, les principaux problèmes étudiés de la filière d'urgence traitent de la modélisation, la simulation et l'optimisation des flux de patients. Les objectifs peuvent être de diminuer les temps de passage des patients, de concevoir et de mettre en place un outil d'aide au dimensionnement et au pilotage de systèmes. Certaines d'entre elles sont citées dans le tableau suivant.

Problèmes	Auteurs
1. Modélisation, simulation et optimisation des flux de patients	- Faure S., Dr Vermeulun B., Dr Wieser P., (2003) - Hadges P., Bellou A., Grandhaye J-P, Bayad M. (2003) - Lubicz M., Mielczarek B. (1987) - Moreno L., Aguilar R. M., Pineiro J. D., Estèvez J. I., Sigut J. F. and Gonzàlez C. (1996) - Syi Sua, Chung- Liang Shihb (2003) - Valenzuela DT, Goldberg J., Keeley TK, Criss A E (1990)
2. Diminution des temps de passage des patients	- Navas J. F., Arteta C., Hadjes P. S., Jimènez F. (2004) - Velin P., Alamir H., Babe P., Four R., Guida A. (2001)
3. Conception et mise en place d'un outil d'aide au dimensionnement, au pilotage des systèmes	- Combes C. (1994) - Doheny J. G., and Fraser J. L. (1996)

Tableau 2: Les principaux sujets d'étude concernant les urgences

Suite à l'augmentation considérable du volume des passages aux urgences, la gestion des flux des patients devient de plus en plus importante pour les directions hospitalières. C'est pour cette raison que certains auteurs, comme (Navas *et al*, 2004), (Dehas *et al*, 2006) (Chauvet *et al*, 2006) et (Tao, 2006), ont donné une grande importance à la modélisation du processus de passage des patients aux urgences. Par ailleurs, nous présenterons dans la partie empirique de la thèse une modélisation du processus de passage des patients dans le service étudié afin de minimiser le temps de passage des patients.

En effet, la description des processus est importante, afin que ces processus soient gérés, évalués et développés. Le processus est une combinaison d'activités, mobilisant des savoir-faire multiples se déroulant dans le temps, et finalisé par un objectif. (El Mhamedi *et al*, 1997).

III. LES OBJECTIFS DE LA MODELISATION

La modélisation dans les hôpitaux, née des besoins issus de l'accroissement de la complexité des services hospitaliers, est une discipline qui a pour objectif de pouvoir modéliser les systèmes hospitaliers en tenant compte des nombreux facteurs entrant en

ligne de compte dans leurs comportements réels. Ainsi le recours à la modélisation est caractérisé par différents objectifs.

Pour Vernadat (1996), le recours à la modélisation des systèmes de biens et de services se justifie par les raisons suivantes :

- comprendre et analyser la structure et le fonctionnement du système ;
- prévoir le comportement et les performances des processus opérationnels et de soutien avant leur implantation ou pendant un projet de ré ingénierie en vue d'accélérer les flux et d'augmenter la compétitivité du système décrit ;
- choisir la ou les meilleures alternatives de réalisation et d'implantation de toute organisation ;
- bâtir une vision commune du fonctionnement du système et la communiquer facilement au plus grand ensemble possible du personnel.

Nous avons recours à la modélisation des processus dans un service d'urgence pour les raisons suivants : (Colin, 2004)

- Elle favorise une description du fonctionnement de l'établissement en termes concrets et améliore ainsi la lisibilité des organisations et des responsabilités au sein des différents processus (Lorino, 1995) ;
- Elle permet de placer le patient au centre des préoccupations et de mieux comprendre son parcours au sein de l'hôpital et de le sécuriser ;
- Elle facilite le débat et les échanges entre acteurs (à travers la participation à une même démarche et à la construction d'un langage commun) et permet de mieux comprendre la place et la contribution de chacun dans le processus de prise en charge du patient (Pascal, 2000) ; la cartographie des processus est en cela un puissant outil de communication ;
- Elle assure une vision transversale de l'organisation : les processus peuvent mettre en évidence que des activités en apparence non reliées font en fait partie d'une même séquence ; la modélisation des processus a ainsi permis aux participants d'abandonner, au niveau du système d'information tout au moins, la vision métier pour une approche beaucoup plus transversale ;
- Elle contribue à aider l'établissement hospitalier à mieux connaître ses besoins réels ;

- Elle permet de préparer la mise en place d'un système décisionnel garantissant l'efficience de l'organisation hospitalière.

Ainsi, la modélisation d'entreprise selon F. Verdanat (1999) « a pour objet la construction de modèles d'une partie déterminée d'une entreprise pour en expliquer la structure, le fonctionnement et en analyser le comportement ». Ainsi, l'un des objectifs essentiels de la modélisation d'entreprise est de produire de la connaissance sur une entreprise pour permettre une analyse. Dans notre cas il s'agit de la connaissance du processus des flux de patients. Divers méthodes et outils de modélisation des processus métier ont été développés.

IV. LES METHODES DE MODELISATION

Divers méthodes et outils de modélisation des processus métier ont été développés dans différents domaines. Pour Harzallah (2000), les méthodes de modélisation des systèmes sociotechniques sont nombreuses et elles se différencient par le point de vue considéré (opérant, information, décision) et l'objectif de la modélisation (audit, analyse, conception). Elles sont généralement associées à des méthodologies de réingénierie ou de réorganisation.

- Méthodologies de réorganisation des gestionnaires, comme, par exemple, la conception d'une structure organisationnelle (conception des postes de travail, conception de la superstructure et conception des liens latéraux) ;
- Méthodologie de réingénierie du type BPR ;
- Méthodologie de réorganisation continue : Kaizen, PDCA, TQC et TQM ;
- Méthodologie issues de la productique : CIMOSA, GIM, ALCOSCOP, PERA, GERAM,…etc.

Ces méthodes utilisent des outils de modélisation comme :

- Des modèles de type « productique » : IDEF0- SADT, IDEF3, CIMOSA, grille GRAI.
- Des modèles de type « sociologues et gestionnaires » : description des postes de travail, modèles de compétences, modèles psycho cognitifs, etc.

D'autres méthodes et outils d'analyse peuvent être considérés comme autant de supports aux actions de réingénierie ou de réorganisation :

- Des méthodes de déploiement de la qualité comme QFD (Quality Function Deployement) ou de maîtrise de la qualité comme TQC (Total Quality Control)
- On trouve également des aides dans les cercles de qualité et les systèmes de suggestion
- Les méthodes d'évaluation de la performance : coût d'obtention de la qualité, coûts et performances cachées, valeurs ajoutée directe, analyse de la valeur, etc.
- Les référentiels de type système de management de la qualité : EFQM, Malcom Baldrige, etc.
- Les référentiels d'accréditation spécifiques tels que pour les Systèmes Hospitaliers développés par l'ANAES.

Un essai de comparaison a été effectué dans la thèse de F.Théroude (2002). Il a recensé 14 modèles d'entreprise : ACNOS, ARIS, CIMOSA, entités-relation, GERAM, GRAI et GRAI-GIM, IDEF, IDEF3, IEM, Merise, PERA, PIF, SCOR TOVE (Voir tableau n°3)

MODELES	OBJECTIFS
1. ACNOS	Modélisation, simulation, analyse
2. ARIS	Analyse et conception de systèmes informatisés
3. CIMOSA	Modélisation unifiée des différents flux
4. E/R	Description des aspects « données »
5. GERAM	Comparaison et évaluation d'architecture
6. GIM	Analyse des systèmes intégrés de production
7. GRAI	Analyse et conception de systèmes de décision
8. IDEF0	Description hiérarchisée des systèmes complexes
9. IDEF3	Description des processus opérationnels
10. IEM	Modélisation orientée objet des systèmes
11. MERISE	Analyse et mise en place de système d'information
12. PERA	Conception de grands systèmes
13. PIF	Langage commun entre modèles
14. SCOR	Modèle logistique d'entreprise
15. TOVE	Conception de modèles génériques de systèmes

Tableau 3: Comparaison de quelques méthodes de modélisation (Théroude, 2002)

D'après Théroude (2002), il est conseillé d'utiliser la méthode IDEF3 pour la description des processus. Ce qui explique notre choix de cette méthode dans la partie empirique.

IV.1 Description de la méthode IDEF

IDEF (Integrated computer aided manufacturing Definition language), est une technologie standardisée développée par l'U.S. Air Force (Us Air Force, 1993). Elle permet de définir l'architecture de systèmes industriels, et est couramment utilisée par les industriels dans le cadre de l'analyse d'entreprise, de la définition de processus, et de la modélisation de processus ou d'activités. Le Département de la Défense des ´ Etats-Unis (DoD) utilise particulièrement les méthodes IDEF durant les initiatives de re-modélisation des processus industriels et de leur validation.

IDEF est un ensemble de méthodes composé entre autre de :

- IDEF0 : modélisation basée sur les activités,
- IDEF1 : modèles informationnels,
- IDEF1x : modélisation de structures de données,
- IDEF2 : modèles pour la simulation,
- IDEF3 : saisie de descriptions de processus,
- IDEF4 : conception orientée objet,
- IDEF5 : saisie de descriptions d'ontologies,
- IDEF6 : saisie de rationalités conceptuelles,
- IDEF7 : méthode d'audit pour les systèmes d'information,
- IDEF8 : modélisation d'interfaces utilisateurs,
- IDEF9 : spécifications de la conception dirigées par scénarios des systèmes d'information,
- IDEF10 : modélisation d'architectures d'implantation,
- IDEF11 : modélisation d'artefacts informationnels,
- IDEF12 : modélisation d'organisations,
- IDEF13 : conception de formalismes tri schémas,
- IDEF14 : conception de réseaux.

Les langages les plus connus sont IDEF0, IDEF1 et IDEF3.

IV.1.1 IDEF0

IDEF0 (US Air Force, 1993) est une méthode basée sur « Structured Analysis and Design Technique » (Lissandre, 1990). Son objectif est de construire un modèle des activités de l'entreprise. Elle comporte non seulement la définition d'un formalisme graphique, mais aussi la description d'une méthodologie de développement des modèles. L'application d'IDEF0 consiste en la construction d'une série hiérarchique de diagrammes, de textes et de glossaires par l'intermédiaire de deux composants : les fonctions (représentées par des boites) et les données et objets reliant les fonctions (représentées par des flèches).

Le langage de modélisation d'IDEF0 possède les caractéristiques suivantes :

- Il est expressif, compréhensif et capable de représenter une grande variété d'opérations commerciales ou manufacturières.
- C'est un langage cohérent et simple permettant une expression rigoureuse, précise et non ambiguë.
- Il permet une meilleure communication entre les différents acteurs (analystes, concepteurs et utilisateurs) en limitant les besoins d'apprentissage à un seul langage et en utilisant une présentation hiérarchique des niveaux de détail.
- Il a fait l'objet de validations complètes.

Ce langage peut être généré automatique par un outil de modélisation graphique. En plus d'un langage, IDEF0 préconise l'utilisation d'une méthodologie de construction et d'interprétation des modèles. IDEF0 est une technique de modélisation basée sur une combinaison de graphiques et de textes. Elle permet la spécification d'un cahier des charges, supporte l'intégration des activités et fournit les outils nécessaires aux changements potentiels des systèmes modélisés.

Un modèle IDEF est composé d'une suite hiérarchique de diagrammes permettant la description par niveau de détail croissant des systèmes et de leurs interfaces dans le contexte du système modélisé. IDEF0 est composé de trois types de diagrammes :

- Le diagramme graphique définit les fonctions et les relations fonctionnelles en utilisant une syntaxe composée de boîtes et de flèches ainsi que la sémantique associée ;

- Le texte et le glossaire fournissent des informations complémentaires concernant la représentation graphique.

Lorsqu'elle est utilisée de manière systématique, IDEF0 est une approche d'ingénierie des systèmes qui :

- Met en place des mécanismes d'analyse et de conception durant tous les niveaux de développement ;
- Produit de la documentation servant à l'intégration de nouveaux systèmes ou à la validation de ceux existant ;
- Peut servir de vecteur de communication entre les analystes, les concepteurs, les utilisateurs et les gestionnaires ;
- Permet l'archivage des consensus d'équipes de modélisation ;
- Produit des outils de gestion de projets grands et complexes, en utilisant une mesure des progrès qualitative ;
- Fournit une architecture de référence pour l'analyse d'entreprise et permettant la gestion des ressources et des informations.

Les composants acceptés par la syntaxe sont les boîtes, les flèches, les règles et les diagrammes. Les boıtes représentent les fonctions, les activités, les processus ou les transformations. Les flèches représentent les interactions de la fonction avec son environnement.

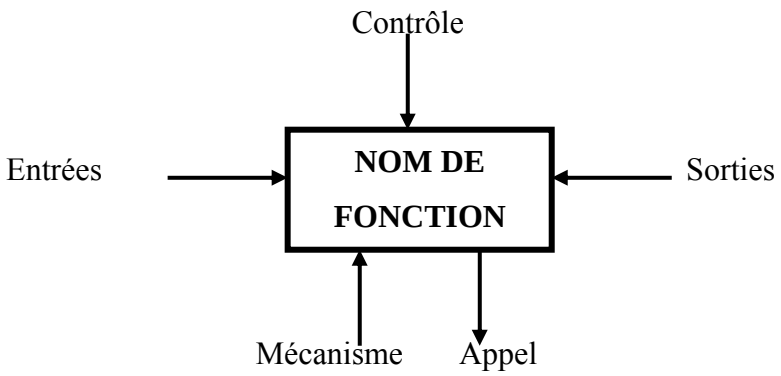


Figure 5: Une activité dans IDEF0

Comme l'illustre la figure ci-dessus, chaque côté d'une boîte possède une signification particulière dans le cadre des relations entre les boîtes et les flèches. Les

flèches arrivant sur le côté gauche représentent les entrées. Ces dernières sont utilisées ou modifiées par la fonction pour produire les sorties (flèches sortant à droite). Le coté supérieur correspond aux conditions de contrôle nécessaires pour que la fonction réalise correctement son rôle. La partie inférieure d'une boîte est associée aux mécanismes (moyens pour réaliser l'activité).

IV.1.2 IDEF1

IDEF1 (Mayer, 1992) est une méthode développée initialement dans le cadre du projet « Integrated Computer Aided Manufacturing » de l'U.S. Air Force. IDEF0, IDEF1 et IDEF2 forment la base d'une « architecture » de modèles permettant l'accomplissement des objectifs de production de systèmes ou environnements industriels. Alors qu'IDEF0 et IDEF2 se focalisent respectivement sur les aspects fonctionnels et temporels (simulation), IDEF1 a pour rôle la modélisation informationnelle nécessaire pour le bon déroulement des fonctions du système industriel.

La méthodologie de modélisation IDEF1 incorpore les principes de base permettant de produire des modèles informationnels. Ses objectifs sont de construire un modèle d'information intégré, concevoir une base de données pour ce dernier, et implanter et installer la base de données, les fonctions associées et les composants procéduraux. IDEF1 définit un ensemble de procédures et de règles permettant de créer le modèle informationnel. Celles-ci utilisent des formalismes graphiques et textuels et le concept de formulaire. IDEF1 fournit les outils nécessaires au suivi et au contrôle du développement du modèle. Parce que la modélisation induit un processus d'évolution, la méthode IDEF1 est organisée en un ensemble d'étapes ayant des résultats mesurables. Elle fournit la possibilité d'utiliser le concept de modularité qui permet de limiter les incomplétudes, les imprécisions et les inconsistances.

Un modèle informationnel est composé de deux éléments fondamentaux :

- **Les diagrammes :** contiennent les caractéristiques structurelles du modèle présenté en accord avec l'ensemble des règles et des procédures de construction d'une représentation de l'information. La figure n°6 illustre le diagramme décrivant les relations entre les entités composant le système d'information modélisé ;

- **Les dictionnaires :** correspondent à la signification de chaque élément du modèle décrit par l'intermédiaire d'un texte condensé et d'indices qui définissent clairement les informations représentées par le modèle.

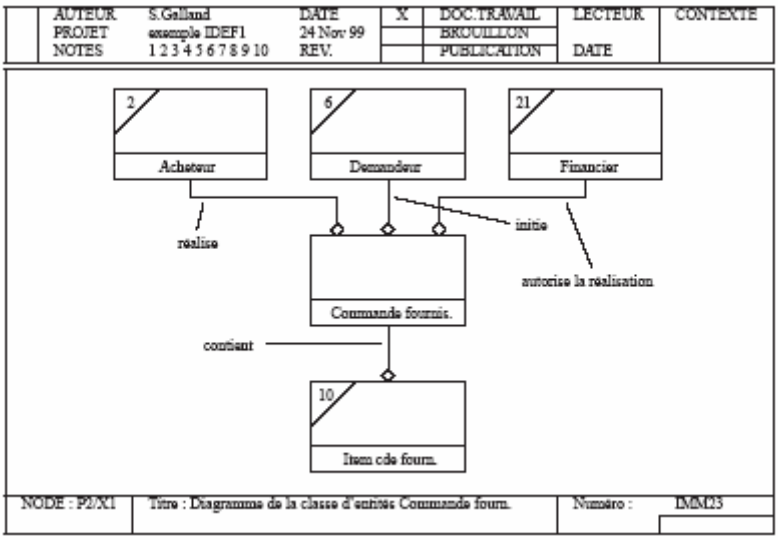


Figure 6: Graphe IDEF1: Diagramme de classes d'entités (Mayer, 1992)

Un modèle d'information IDEF1 est un reflet d'une entreprise manufacturière et fournit une définition de base des besoins informationnels de cette organisation. Elle assure la possibilité de distribution de l'information et l'intégration du système informationnel dans l'entreprise.

Le développement du modèle informationnel est composé de cinq phases :

- **Phase 0 :** durant cette phase, le domaine et les objectifs du modèle sont dégagés ;
- **Phase 1 :** l'objectif est de définir les entités apparentes ;
- **Phase 2 :** les relations entre les entités sont dégagées ;
- **Phase 3 :** le but est de définir les clés pour chaque entité ainsi que leurs attributs ;
- **Phase 4 :** les attributs non-clés sont définis et sont associés à des entités.

Le processus de développement d'un modèle informationnel est, par nature, itératif. Le modèle évolue progressivement grâce à la succession des cinq étapes. Il existe trois types évidents d'activités cycliques dans la méthode IDEF1 : cycle de collecte des données, cycle de validation, cycle d'acceptation par des experts. Chacun d'entre eux peut exister plusieurs fois durant la vie du projet de développement. Le

cycle de collecte des données est initié durant la phase 0. Son objectif est l'établissement d'une base documentaire à partir de laquelle toutes les informations pour la construction du modèle pourront être tirées. Il n'est pas improbable que les modélisateurs reviennent durant les phases suivantes sur les sources de cette documentation afin d'éclaircir des points particuliers.

Durant les différentes phases de la modélisation, les auteurs ou modélisateurs doivent faire face à plusieurs revues de la part des lecteurs. Les commentaires rédigés par ces derniers doivent être incorporés dans le modèle. Ce processus est répété tant que le résultat escompté n'est pas atteint. Ces itérations sont le fondement du cycle de validation (appelé aussi IDEF Kit Cycle). Le cycle d'acceptation est le moment où un ensemble d'experts évaluent le modèle d'information (final ou en évolution). Ils déterminent s'il correspond aux objectifs attendus. Typiquement, le cycle d'acceptation se produit plusieurs fois durant le déroulement du projet. Il est réalisé en général à la fin d'une phase mais plus rarement à la fin de chaque étape. Quoiqu'il arrive, une revue d'acceptation doit avoir lieu à la fin de la phase 4.

IV.1.3 IDEF3

IDEF3 (US Air Force, 1993) est une méthode de modélisation graphique basée sur la description de processus. Cette description est réalisée par des diagrammes de flux, complétés par des documents d'information.

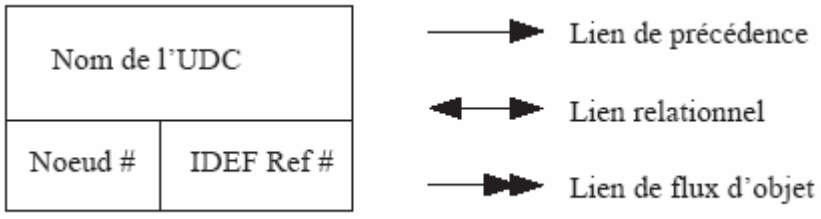


Figure 7: Graphe de IDEF3: construction de base (Us Air Force, 1993)

Les diagrammes de flux sont composés, comme présenté par la figure, de quatre éléments :

- Les unités de comportement (UDC) qui représentent toute entité ou artefact pouvant être produit par le système (Sandoval, 1994). Elles sont représentées par un rectangle divisé en trois zones : son nom, son

niveau de détail dans la décomposition hiérarchique, et le numéro d'une éventuelle activité IDEF0 associée ;

- Les liens utilisés pour relier les UDC;
- Les connecteurs logiques (ET, OU, et OU exclusif) ;
- Les références qui sont un terme propre à IDEF3 pour permettre de faire référence à une partie du modèle (ou à un autre modèle). (Vernadat, 1999).

Même si les concepts de base d'IDEF3 proposent un grand pouvoir expressif, les modèles obtenus sont de nature qualitative et ne permettent donc pas l'analyse et l'optimisation des processus modélisés.

V. MODELISATION DU SERVICE D'URGENCE DE L'HÔPITAL HABIB BOURGUIBA

Grâce à ses formalismes de base, IDEF3 est particulièrement bien adaptée à la description de l'ensemble des spécificités d'un processus. Pour avoir un modèle plus unifié, nous proposons la méthode IDEF3x, développée dans (SCH 96), qui intègre quelques extensions de la méthode IDEF3.

V.1 Définition de IDEF3x

IDEF3x est un graphe qui peut être défini comme un graphe <X, R> où :

- X : ensemble des noeuds représentant les activités (A) et les connecteurs (C); $X = A \cup C$ Et $C \cap A = \text{Vide}$
- C = {Début, fin, Sequence, AND asynchrone fan-out, AND asynchrone fan-in, AND synchrone fan-out, AND synchrone fan-in, OR asynchrone faout, OR asynchrone fan-in, OR synchrone fan-out, OR synchrone fan-in, XOR fan-out, XOR fan-in}
- A : ensemble des activités du processus. On y distingue les activités décomposables ou non et les activités structurées, semi et non structurées. Chaque activité est située entre deux connecteurs pour faciliter l'analyse des modèles.
- R: ensemble des relations entre les différents noeuds du graphe, on distingue des relations entre les activités et les connecteurs $(A \times C \cup C \times A)$ et les relations entre les connecteurs $(C \times C)$.

V.2 Application

Tout patient se présentant à ce service doit être pris en charge par l'équipe soignante. Le patient accueilli en urgence sera inscrit sur le registre d'inscription des urgences. Après avis du médecin, trois situations se présentent :

- Le malade a pris les soins nécessaires et son état nécessite une admission au niveau de l'hôpital ;
- Le patient a pris les soins nécessaires et son état nécessite une référence à la consultation externe (une lettre de liaison lui est délivrée) ;
- Le patient a pris les soins nécessaires et son état lui permet de rentrer chez lui sans suites nécessaires.

Au cours du processus des soins, le patient peut bénéficier des explorations para cliniques : examen de radiologie, examens de laboratoires, explorations fonctionnelles, demandes de sang, utilisation de la salle d'opération…

Dans tous les cas, le patient ou à défaut son accompagnant paie les soins reçus selon son régime de couverture sociale et la réglementation en vigueur et un reçu prélevé d'un carnet à souche lui est délivré.

En observant le service d'urgence durant le mois d'avril 2006 et en faisant des interviews avec certains malades qui sont traités par le service, nous avons déterminé le temps (durée en minute) de chaque tâche par Laquelle passe un patient (voir annexe B). Après la collecte des données, nous avons présenté dans la figure ci-dessous le diagramme IDEF3x. Ainsi, sur ce dernier nous avons indiqué le processus par lequel passe un patient et la durée moyenne, maximum et minimum qu'occupe chaque tâche (Jlassi *et al*, 2006) (Jlassi *et al*, 2007a).

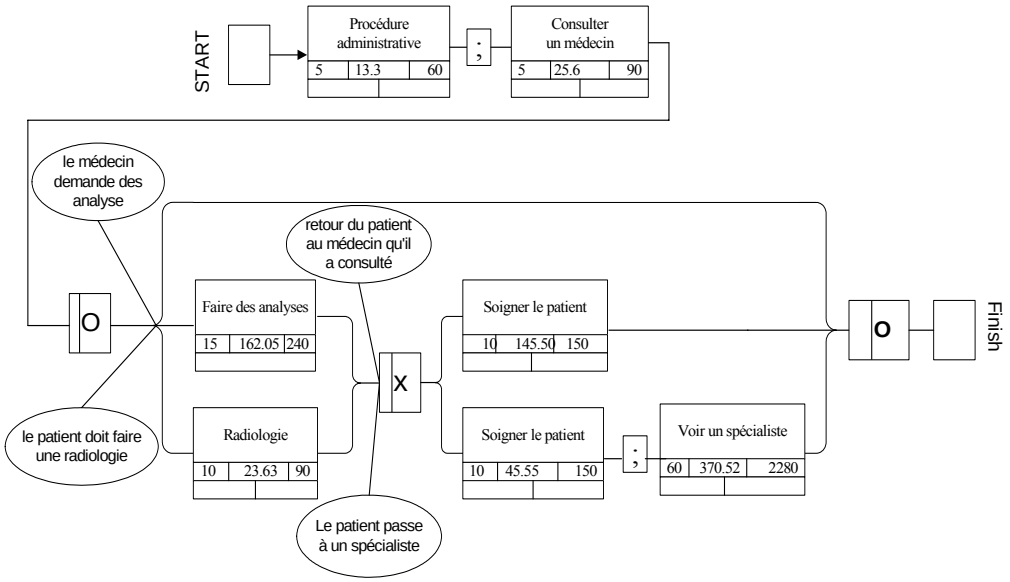


Figure 8: Le diagramme IDEF3x du processus de passage d'un patient dans le service d'urgence (Jlassi *et al*, 2006) (Jlassi *et al*, 2007a)

Les données collectées (Voir Annexe B) montrent une grande disparité dans les durées de traitement. En consultant certains infirmiers travaillant dans le service, nous avons pu dégager quelques explications :

- Le temps d'attente d'un médecin varie de 5mn à 1h30mn : insuffisance du nombre de médecins ;
- L'analyse varie de 15mn à 3h.30mn : l'absence de laboratoire d'analyse propre au service d'Urgence et le manque de personnel dans le service d'analyse;
- La radiologie de 10 mn à 1h.30mn : durant la période d'observation du service d'urgence nous avons constaté que l'appareil de radiologie était en panne ;
- Le temps d'attente d'un spécialiste est de 1h à 2 jours : Les spécialistes de garde ne sont pas toujours présents à l'hôpital. Ce qui nécessite l'intervention, en cas de besoin, des stagiaires, des médecins internes et des résidants.

VI. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons présenté d'abord un état de l'art de la modélisation dans le service d'urgence, ensuite nous avons défini les objectifs ainsi que les méthodes de la modélisation. En effet, toutes les méthodes de modélisation utilisent souvent des concepts communément admis (processus, activité, ...). La modélisation des services des urgences, née des besoins issus de l'accroissement de la complexité de ces services, est une discipline qui a pour objectif de pouvoir modéliser, dans notre cas, le processus des flux des patients. Enfin, nous avons présenté la modélisation graphique IDEF3x du processus des patients dans le service d'urgence de l'hôpital Habib Bourguiba.

L'évaluation des performances d'un système réel se compose d'une étape de modélisation permettant de passer du système au modèle et d'une étape d'analyse des performances du modèle. Une fois un modèle construit dans le formalisme choisi, il s'agit de l'analyser. On distingue deux grands types d'analyse, l'analyse qualitative et l'analyse quantitative :

- Analyse qualitative : elle consiste à définir les propriétés structurelles et comportementales du système,
- Analyse quantitative : elle consiste à calculer les paramètres de performances du système. Elle n'a de sens que si une analyse qualitative a été préalablement menée. Il existe deux grands types de méthodes d'analyse quantitative des performances

Nous pensons, après la modélisation graphique du processus, passer à l'étape d'analyse. Ainsi, nous proposons d'utiliser, en premier lieu, la simulation comme technique d'analyse. Cette dernière trouve tout son intérêt lorsqu'elle est utilisée pour modéliser les flux de patients complexes et pour tester les scénarii de changement des règles de pilotage (Augusto *et al*, 2006). C'est le cas dans les services d'urgences, où les patients arrivent de manière aléatoire et nécessitent un large éventail de traitements (allant du soin léger à la prise en charge de blessures graves), couvrant moult services et spécialités. Étant donné que le schéma d'arrivée est inconnu, le personnel médical doit prendre en charge les patients les uns après les autres et les diriger au mieux à travers le service des urgences, et, si besoin est, au sein de l'hôpital. La simulation

permettra de mesurer simultanément plusieurs indicateurs. L'avantage de la simulation est d'offrir une approche très générale permettant d'étudier n'importe quel modèle dès l'instant où l'outil de simulation est adapté au modèle considéré. Le gros inconvénient de la simulation est d'être une technique extrêmement gourmande en temps de calcul et pour laquelle l'analyse des résultats est une phase délicate. Pour vérifier les résultats obtenus par la simulation, nous proposons, en second lieu, d'appliquer les méthodes analytiques qui permettent de calculer les paramètres de performances de façon mathématique en résolvant les équations sous-jacentes. Leur intérêt réside principalement dans leur résolution généralement peu coûteuse en temps de calcul. Comme méthode analytique, nous allons utiliser les réseaux de files d'attentes, ils consistent à représenter le système sous forme d'un réseau de serveurs, de zones d'attente et de clients.

Or pour définir les actions d'améliorations et quels sont les inducteurs de performance sur lesquels il faut agir. Nous proposerons d'utiliser le diagramme en arbre et la méthode AHP. En effet le diagramme en arbre est utilisé généralement pour un suivi systématique de la meilleure stratégie pour atteindre un objectif. Parmi les avantages de cet outil de qualité:

- Développement logique et systématique des meilleures stratégies pour résoudre un problème défini.
- Empêche les oublis des points " essentiels ".
- Un excellent outil graphique de conviction.

Ainsi, la méthode AHP, développée en 1971 par Thomas Saaty, se distingue par sa façon de déterminer les poids de critères : elle procède par combinaisons binaires de chaque niveau de la hiérarchie par rapport aux éléments du niveau supérieur. Les raisons de sa popularité sont :

- Unités de mesures : qualitatives et quantitatives, valeurs relatives ou absolues pour établir des priorités.
- Structure hiérarchique : trie des éléments d'un système dans différents niveaux et dans des groupes à caractéristiques similaires.
- Interdépendance : permet de considérer l'interdépendance des éléments d'un système sans insister sur le raisonnement linéaire.

- Consistance : permet de garder une consistance logique des jugements utilisés pour déterminer les priorités.
- Synthèse : permet d'obtenir une appréciation générale de la désirabilité de chaque alternative.
- Identification des priorités : permet de considérer la priorité relative de chaque critère pour ainsi obtenir la meilleure alternative selon les objectifs identifiés.
- Unicité : sa flexibilité permet son utilisation dans un éventail de domaines aussi variés que la planification du transport au Soudan (1973-1975), les prix de pétrole en 1990, une exploration minière en Mauritanie (1976).

Certaines actions d'améliorations peuvent être obtenues, vu les contraintes budgétaires et organisationnelles du service. Nous utilisons la méthode d'aide à la décision multicritère : PROMETHEE II pour aider les responsables à prendre une décision.

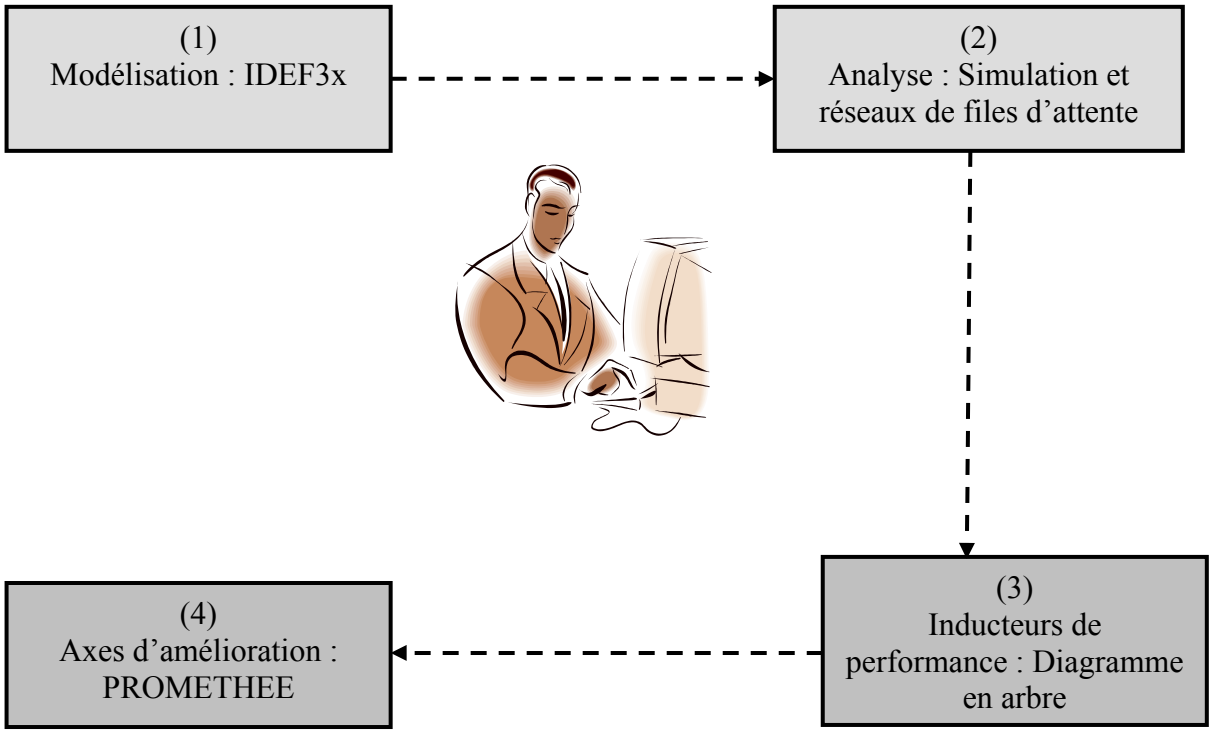


Figure 9: La démarche de la thèse

La figure n° 9 représente une explication de la démarche que nous allons suivre dans les chapitres suivants.

Chapitre 4

SIMULATION ET RESEAUX DE FILES D'ATTENTE

Après la phase de modélisation, ce chapitre montre l'utilité d'une évaluation de performance du processus. La simulation et les réseaux de files d'attente, comme outils utilisés, seront présentés.

I. INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous présentons les méthodes d'amélioration de la performance ainsi que les indicateurs.

Les différentes techniques d'évaluation des performances d'un système sont schématisées dans la figure ci-dessous. Elles peuvent être classées en trois grandes catégories : l'obtention de mesures directes sur le système (par la détermination des valeurs directes des critères de performances), les méthodes analytiques et la simulation (Incera, 2001).

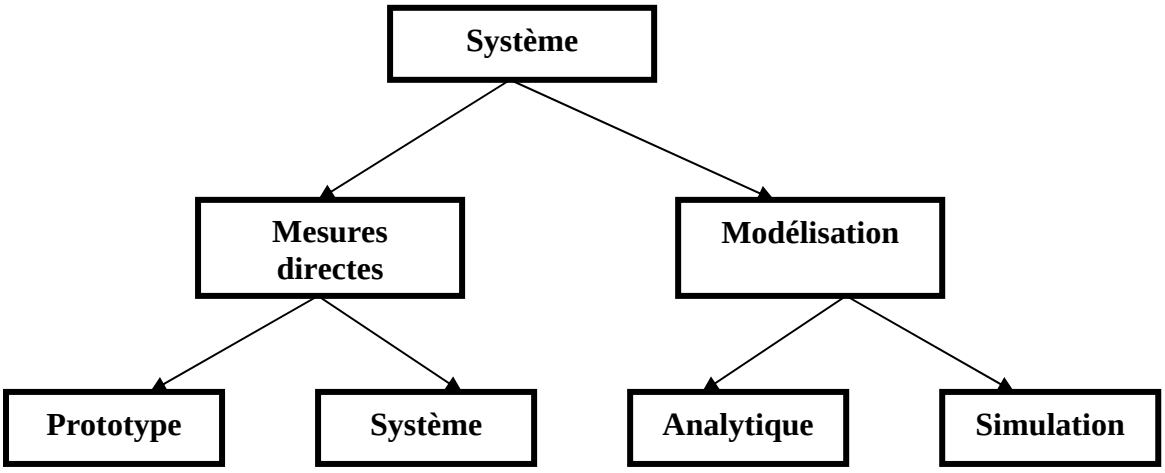


Figure 10: Techniques d'évaluation des performances d'un système (Incera, 2001)

La méthode des mesures directes est la seule technique qui peut offrir « l'image réelle » de l'état d'un système réel en tenant compte de toutes les caractéristiques de celui-ci. Elle a, cependant, plusieurs inconvénients. En effet les caractéristiques du système sont extrêmement variables et imprévisibles et par conséquent, les données obtenues à un moment donné sur le système ne permettent pas toujours de prévoir le comportement du système dans d'autres conditions. De ce fait, les méthodes analytiques et la simulation restent les meilleures techniques pour l'évaluation des performances.

II. LA SIMULATION DANS UN SERVICE D'URGENCE

Dans cette section, nous présentons un état de l'art de la simulation dans le service d'urgence, la démarche et les différents outils de cette technique.

II.1 Etat de l'art

La simulation devient un outil courant pour étudier l'organisation et la gestion des systèmes hospitaliers, en vue d'améliorer leur fonctionnement et de diminuer les coûts.

Plusieurs auteurs ont parlé de la simulation dans le domaine hospitalier, Aleksy et *al* (2005) ont proposé, par la combinaison d'approches méthodologiques issues des Sciences Humaines et Sociales et des Sciences pour l'Ingénieur, une méthodologie de modélisation et de simulation permettant à la fois la conception de Systèmes d'Information et d'Aide à la Décision pour les systèmes hospitaliers, mais également l'orientation du comportement des acteurs hospitaliers dans le cadre du management du changement.

Mebrek *et al* (2005) ont précisé que l'imagerie constitue l'un des services les plus fréquenté par les patients dans les hôpitaux. Ils ont présenté le pole imagerie et l'utilité du modèle de connaissance spécifié avec l'outil ARIS, ainsi que le passage de ce modèle vers un modèle d'action ou de simulation implanté en SIMULA ou avec Witness. En 2006 Mebrek et Tanguy ont décrit la zone de transit pour le nouvel hôpital d'Estaing, et ont présenté la méthodologie de modélisation adaptée à sa structure (modèle de connaissance). Enfin, des modèles d'action sont implantés : modèle de réseau de files d'attente et des modèles de simulation en SIMULA et Witness.

La simulation trouve tout son intérêt lorsqu'elle est utilisée pour modéliser les flux de patients complexes et pour tester les scénarii de changement des règles de pilotage. C'est le cas dans les services d'urgence, où les patients arrivent de manière aléatoire et nécessitent un large éventail de traitements (allant du soin léger à la prise en charge de blessures graves), couvrant moult services et spécialités.

Dans Kim *et al* (2000) les auteurs proposent une méthode permettant de minimiser l'annulation d'interventions programmées en raison de l'indisponibilité de lits dans l'unité de soins intensifs. La simulation est utilisée afin de déterminer l'impact de cinq stratégies d'allocation flexible de lits. Malgré la difficulté due aux arrivées de demandes aléatoires, il apparaît qu'une réservation exclusive d'un certain nombre de lits pour les interventions programmées réduit significativement le nombre d'interventions annulées.

Dans Centeno *et al* (2001) les auteurs examinèrent quatre domaines précis d'un service de maternité afin d'optimiser le processus de flux de patientes et l'utilisation des ressources. Un diagramme de flux a été établi, modélisant le parcours des patients en urgence (accouchements) et en rendez-vous pour des examens ou des interventions. Le système étudié mêle processus d'arrivée stochastique et déterministe, ce qui renforce l'intérêt de cette étude. Le modèle de simulation a permis de déceler certains problèmes d'organisation et d'émettre des recommandations.

Dans Miller *et al* (2003) les auteurs ont tenté d'identifier et d'analyser les différents processus discrets centrés sur les patients afin de diminuer les temps d'attente. Plusieurs idées d'améliorations furent proposées afin de déterminer les causes de l'attente pour l'obtention d'un lit dans le service des urgences. La simulation montra que les objectifs de durée de séjour ne pourront être atteints. Cependant, elle apporta au personnel soignant une meilleure compréhension de l'organisation du service.

Il est démontré dans Samaha *et al* (2003) qu'un problème d'organisation n'est pas forcément lié aux ressources mises en jeu. L'opération consistait à réduire le temps de séjour des patients dans le service des urgences en identifiant les ressources goulot et en visualisant les différents processus de ce service. Après une description détaillée du parcours du patient et l'implémentation du modèle, le test de scénarii a finalement permis d'affirmer que le problème d'organisation était lié aux processus.

Un plan d'expérience est utilisé dans Baesler *et al* (2003) afin d'estimer la demande supplémentaire pouvant être supportée par un service de soins d'urgence, tout en maintenant un temps d'attente raisonnable pour les patients et en considérant les ressources matérielles et humaines actuelles. Cela revient donc à estimer la capacité maximum du service en question. Plusieurs augmentations de la demande ont été simulées et une interpolation de la courbe de réponse a permis d'estimer le temps d'attente correspondant. L'effectif minimum nécessaire a ensuite été déterminé afin de satisfaire cette demande sans détériorer les performances du système.

Le problème bien connu de l'organisation matérielle de ce service est abordé dans Miller *et al* (2004). Une démarche standard y est décrite afin d'arriver à une configuration optimale du service d'urgence. L'expérimentation a ensuite permis de fixer les contraintes concernant les

patients (nombre de lits requis, et durée de séjour dans le service) et le service lui-même (effectifs du personnel, nombre de « lits d'urgence »). Plusieurs améliorations peuvent alors être proposées (affectation de lits, durée de la prise de radiographies ou d'examens en laboratoire, élimination des temps morts, etc.).

Le cas où la planification du personnel médical doit être adaptée aux arrivées stochastiques de patients a aussi été étudié. Inverser la problématique de cette manière est très utile dans le cas de certains services où les patients arrivent sans rendez-vous. L'étude de Griffiths *et al* (2005) traite le problème récurrent de planification des horaires des infirmières d'une unité de soins intensifs, en prenant en compte les lits. Le modèle comprend plusieurs schémas d'arrivée dépendant du temps ainsi que les distributions appropriées pour la durée de séjour des patients, avec une différenciation entre les infirmières régulières et supplémentaires (renfort). Le coût lié à leur travail est plus élevé que celui d'infirmières régulières. Plusieurs scénarii furent examinés (prévision du nombre d'infirmières régulières, ajout d'un programme de soins « pré intensif », estimation de la demande sur les prochaines années).

Pour Tao *et al* (2006) L'amélioration de la gestion d'un service d'urgences pose des problèmes délicats d'ordonnancement des ressources matérielles et humaines, et de pilotage des flux de patients. Les auteurs ont modélisé et simulé le processus de prise en charge des patients d'un service d'urgences en intégrant les ressources allouées. Les résultats montrent que le modèle reflète bien la réalité, les données issues du diagnostic permettent d'identifier certains goulots d'étranglement dans le service étudié. Une proposition visant la création d'un parcours rapide est discutée.

Dans leur papier, Chauvet *et al* (2006) ont proposé un modèle de connaissance générique d'une unité de soins pour la filière d'urgence. En suivant le processus de modélisation dans ASCI (Analyse, Spécification, Conception, Implantation), ils se sont intéressés au service des urgences pédiatriques du NHE (Nouvel Hôpital d'Estaing), et ont proposé un modèle de simulation qui permet d'analyser en détails plusieurs scenarii organisationnels. Leur travail sur le service des urgences pédiatriques du NHE leur permet de proposer un modèle de connaissance générique d'une unité de soins pour la filière d'urgence qui pourra être instancier sur d'autres services appartenant à d'autres hôpitaux.

Le travail de Dehas *et al* (2006), présente un outil d'aide à la décision permettant de déterminer rationnellement les besoins théoriques en lits et en personnel paramédical des différents services de soins et services d'hospitalisation au niveau d'un système hospitalier, et ce, dans le but de faire face efficacement à la demande de soins médicaux.

Références	Objectifs
1. [Kim *et al*, 2000]	- minimiser l'annulation d'interventions programmées en raison de l'indisponibilité de lits dans l'unité de soins intensifs.
2. [Centeno *et al*, 2001]	- les auteurs examinèrent quatre domaines précis d'un service de maternité afin d'optimiser le processus de flux de patientes et l'utilisation des ressources.
3. [Miller *et al*, 2003]	- les auteurs ont tenté d'identifier et d'analyser les différents processus discrets centrés sur les patients afin de diminuer les temps d'attente.
4. [Baesler *et al*, 2003]	- estimer la capacité maximum du service d'urgence
5. [Miller *et al*, 2004]	- Une démarche standard y est décrite afin d'arriver à une configuration du service d'urgence optimale
6. [Tao *et al*, 2006]	- Les auteurs ont modélisé et simulé le processus de prise en charge des patients d'un service d'urgences en intégrant les ressources allouées
7. [Chauvet *et al*, 2006]	- Les auteurs ont proposé un modèle de connaissance générique d'une unité de soins pour la filière d'urgence
8. [Dehas *et al*, 2006]	- présente un outil d'aide à la décision permettant de déterminer rationnellement les besoins théoriques en lits et en personnel paramédical

Tableau 4: Tableau récapitulatif de la revue de littérature: simulation du service d'urgence

II.2 La démarche de simulation

La simulation est l'utilisation ou la résolution de modèles correspondant à un système donné pour étudier le comportement de ce dernier dans un contexte précis. Il s'agit de suivre une démarche.

L'utilisation de la simulation réclame l'exécution de certaines étapes (Mouise, 1984) : Dans un premier temps, il s'agit de transformer un système concret en une abstraction, à travers un langage et des sémantiques données. Transformer, par la suite, cette représentation abstraite en une maquette (un modèle réduit) par le biais de règles de codification. Utiliser des scénarios pour lesquels on observe le fonctionnement de la maquette et on le compare, soit au fonctionnement observé dans le système réel, soit à celui que l'on souhaite obtenir. Procéder à une animation informatique de ce modèle, selon le plan d'expérience déjà codé par l'utilisateur. Finalement, critiquer le système.

La démarche de simulation selon Drogoul (1993) passe donc par trois étapes distinctes : l'étape de modélisation, qui consiste à construire le modèle du phénomène à étudier, l'étape d'expérimentation, qui consiste à soumettre ce modèle à un certain type de variations, et l'étape de validation, qui consiste à confronter les données expérimentales obtenues avec le modèle à la réalité.

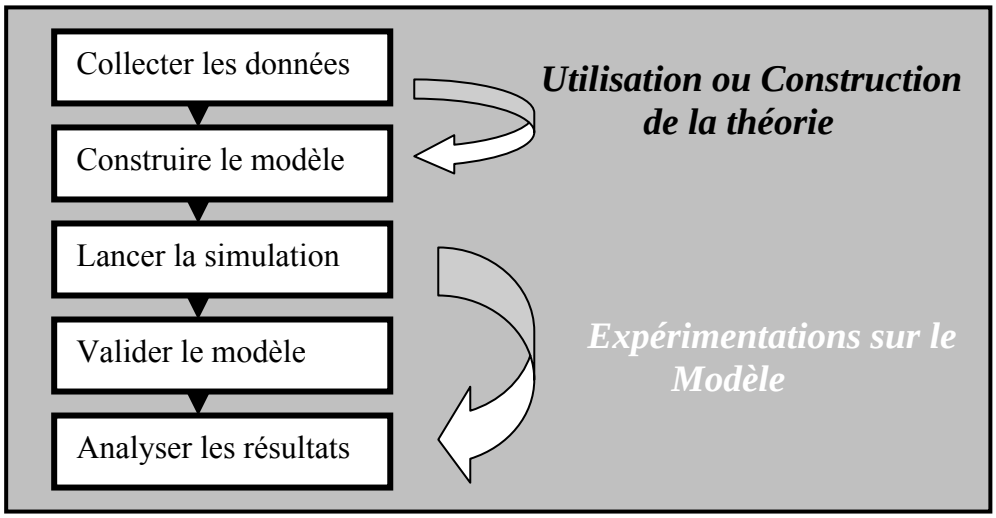


Figure 11: Les étapes du processus de simulation (Drogoul, 1993)

Passé du problème à la simulation suppose de franchir un certain nombre d'étapes. Pour Ricordel et Demazeau (2000) celles-ci sont au nombre de quatre :

- L'analyse : Elle correspond au processus de découverte, à la description du type de problème et à son domaine d'application.
- La modélisation : Elle correspond au processus de définition d'une représentation structurée, alors que les problèmes sont souvent à la base non structurés. Cette définition peut être donnée sous un mode déclaratif ou s'appuyer sur des langages spécifiques (UML, MERISE, réseaux de Pétri, etc).

- L'implémentation informatique : Elle correspond au processus de construction d'une solution fonctionnelle du problème. En pratique, cela consiste à coder la solution avec des langages particuliers de programmation.
- La simulation : Elle correspond à la phase d'utilisation du modèle implémenté pour des problèmes concrets.

Pour notre cas, la simulation dans le service d'urgence de l'hôpital Habib Bourguiba, nous proposons de suivre cette dernière démarche parce qu'elle est plus détaillée. De ce fait, pour l'étape d'analyse nous allons prendre un échantillon qui permet de déterminer le temps moyen, minimum et maximum qu'un patient peut occuper au niveau de chaque tâche. Pour l'étape de la modélisation, nous choisissons d'appliquer une méthode de modélisation graphique (IDEF3x), déjà expliquée dans le chapitre précédent. Pour la phase de l'implémentation informatique, il est important d'utiliser l'un des outils de simulation.

II.3 Outils de simulation spécialisés dans l'analyse des systèmes de flux

Pour la phase de l'implémentation informatique de la simulation, plusieurs outils spécialisés dans l'analyse des systèmes de flux peuvent être utilisés, parmi lesquels, il y a SLAM, SIMAN, ARENA et WITNESS.

II.3.1 SLAM

SLAM est un logiciel de simulation à évènements discrets, qui a été développé initialement à l'université de PURDUE (USA), puis créé et commercialisé par la société PRITSKER. C'est un langage de simulation orienté processus, c'est à dire que les primitives de modélisation permettent de s'affranchir de la programmation d'événements non significatifs du point de vue du processus représenté.

Le simulateur SLAM offre à l'utilisateur un support visuel pour l'analyse et la validation des modèles à travers un langage graphique pour la représentation des processus dont on cherche à simuler le fonctionnement. Le modèle complet d'une application peut être représenté par un réseau SLAM, dont les noeuds ou les arcs sont des primitives du langage.

II.3.2 SIMAN

SIMAN a été conçu en 1982 par la société Systems Modeling Corporation. Il se présente génériquement comme un outil général de modélisation et de simulation de systèmes qui se présentent sous forme d'une combinaison de flux et un ensemble de processus aléatoires. Il peut être considéré comme un descendant de SLAM, puisque non seulement son créateur C.D. PEDGEN a développé avec A.A.B. PRITSKER la première version de SLAM, mais encore il présente une structuration assez proche de celle de SLAM. La réécriture complète du logiciel de base et quelques modifications dans les primitives ont permis de corriger certains inconvénients des premières versions de SLAM et de proposer de nouveaux types de primitives tout en conservant la plupart des potentialités.

II.3.3 ARENA

Le logiciel ARENA a été développé par la société Systems Modeling Corporation. Il est notamment dédié à la modélisation, simulation et animation des systèmes de production qui peut être représenté par une combinaison de flux. Le logiciel est basé sur les concepts de programmation orientée objet et de modélisation hiérarchique, utilisant la puissance et la flexibilité de modélisation du système SIMAN/Cinema.

A l'aide d'ARENA, on peut développer un projet complet de simulation. ARENA est un support intégré pour l'analyse des données d'entrée, la construction du modèle, l'exécution interactive, l'animation, la traçabilité et la vérification de l'exécution et l'analyse des sorties. Les utilisateurs peuvent développer de nouveaux modèles dans la fenêtre du modèle, de nouvelles constructions de modélisation dans la fenêtre de template, identifier les caractéristiques des données d'entrée dans la fenêtre d'entrée et analyser les résultats de simulation dans la fenêtre de sortie.

II.3.4 WITNESS

WITNESS est un logiciel de simulation créé par la société britannique LANNER. Il est le plus avancé de sa catégorie, permettant une modélisation- simulation dynamique des activités et des flux en entreprises. WITNESS offre à l'utilisateur un support visuel très convivial pour la modélisation et l'analyse des performances des systèmes à base de flux. Le modèle d'une application peut être représenté par un réseau de primitives du langage WITNESS. Les

primitives graphiques sont suffisamment nombreuses et riches pour modéliser la majorité des systèmes complexes à bases de flux.

Une fois l'étape de l'implémentation informatique terminée, nous passons à la dernière phase qui permet de lancer le modèle de simulation et ainsi évaluer la performance d'un système en tenant compte de certains indicateurs. Dans l'étape qui suit, nous présentons les différents indicateurs liés au service d'urgence.

II.4 Les indicateurs de performance dans un service d'urgences

Le modèle de simulation permet d'évaluer le système à l'aide de certains indicateurs de performances. De nombreuses définitions des indicateurs de performance ont été données. Pour l'Association Française de Gestion Industrielle en 1992 (AFGI) (Berrah, 2002) : « Un indicateur de performance est une donnée quantifiée qui mesure l'efficacité et/ou l'efficience de tout ou partie d'un processus ou d'un système (réel ou simulé), par rapport à une norme, un plan ou un objectif, déterminé et accepté dans le cadre d'une stratégie d'entreprise.»

Cette définition met en avant plusieurs aspects importants de l'indicateur de performance. La première notion mise en relief est l'aspect quantifié d'un indicateur (Berrah 1997) (Bitton 1990). C'est en effet avant tout une mesure. Elle n'est pas nécessairement directe et sous-entend généralement une recherche d'information à des niveaux plus ou moins élevés du système évalué. Une seconde notion sous-jacente de l'indicateur de performance, éclairée par cette définition, est le rapport à l'objectif (Berrah, 1997) (Bitton, 1990).

Dans un service d'urgence, les indicateurs de performance sont obtenus à partir des modèles de simulation. On peut citer comme exemple les travaux de Tao et *al* (2006). Pour minimiser le temps du passage des patients, ils ont choisi de modéliser le processus par l'outil de modélisation ARIS. Ce qui a permis de préciser pour chaque fonction les ressources matérielles et humaines. La simulation du processus de passage des patients aux urgences a été réalisée avec ARIS Simulation. Les résultats obtenus ont présenté les indicateurs suivants :

- Temps de consultation en moyenne
- Nombre de box disponible en moyenne
- Taux de charge du médecin
- Temps d'attente avant la fonction de mise en box en moyenne

- Nombre de patients retour au domicile en moyenne par jour
- Taux de charge des infirmiers diplômés d'Etat

Le modèle de simulation de Dehas *et al* (2006) a permis d'évaluer la performance du service d'urgence de l'hôpital Khellil Amrane de Béjaia tout en se référant aux indicateurs suivants :

- Taux d'occupation pour le service des urgences
- Temps moyen d'attente et de séjour pour le service des urgences
- Taux d'occupation des lits
- Taux d'occupation des infirmiers

Chauvet *et al* (2006), dans leur papier, ont commencé par la modélisation du parcours des patients dans un service d'urgence en utilisant la méthode ARIS. Ensuite ils ont utilisé le logiciel Witness pour la simulation. Les variables d'entrées prises en compte sont le nombre de médecins et le nombre des infirmières diplômées d'Etat. Les indicateurs de performances sont :

- Le nombre moyen journalier des patients traités par taux de gravité
- Le taux annuel d'occupation de ressources médicales
- La durée d'attente des patients dans la salle d'attente
- Le nombre moyen de patients dans la salle d'attente

Afin de vérifier les résultats obtenus par les modèles de simulation, on a souvent recours aux méthodes analytiques comme les réseaux de files d'attente. D'après Di Mascolo (1990), « la simulation est l'outil le plus utilisé car elle permet d'approcher aussi finement que l'on veut la réalité du système à étudier. Cependant, les modèles de simulation sont souvent longs à développer, ils peuvent demander beaucoup de données, et peuvent prendre beaucoup de temps d'exécution. Les méthodes analytiques sont plus faciles à mettre en œuvre et à exécuter, et sont généralement plus rapides. »

Ainsi, les deux approches, simulation et méthodes analytiques, sont complémentaires et interviennent à des stades différents de l'étude d'un système. Par ailleurs, pour valider les résultats obtenus par la simulation, nous proposons d'utiliser les réseaux de files d'attentes.

III. LES RESEAUX DE FILES D'ATTENTE

Pour valider et vérifier les résultats obtenus par le modèle de simulation, nous proposons d'appliquer la théorie de files d'attentes.

L'utilisation des files d'attente remonte au début des années 1950 (Baynat 2000). Ce formalisme a été essentiellement utilisé pour la modélisation des systèmes industriels. Mais, de nos jours, il représente un outil de modélisation analytique de plusieurs types de systèmes et notamment les systèmes de service tels que les hôpitaux. La théorie des files d'attente est une technique de la Recherche Opérationnelle qui permet de modéliser un système admettant un phénomène d'attente, de calculer ses performances et de déterminer ses caractéristiques pour aider les gestionnaires dans leurs prises de décisions. (Philipe, 1999)

La modélisation d'un système à l'aide d'une seule file d'attente n'offre qu'un champ d'application restreint. Bien souvent, un patient a besoin de recevoir plusieurs traitements consécutifs et de différentes natures avant de quitter un système. Les réseaux de files d'attente permettent de modéliser de telles situations et correspondent à des systèmes composés de plusieurs files d'attentes reliés entre elles. Lorsqu'un patient quitte une file, il peut se diriger vers une nouvelle station du réseau ou sortir définitivement du système. Ces décisions sont dictées par des règles de routage qui peuvent être déterministes ou stochastiques.

Un réseau de files d'attente est dit ouvert lorsque des arrivées de clients depuis l'extérieur du système sont possibles et lorsque les clients peuvent quitter le système. A priori, les arrivées externes peuvent avoir lieu dans n'importe quelle station et il en est de même des départs, l'important étant que tout client entrant ou présent dans le système ait une possibilité de le quitter un jour. Lorsque aucun client ne peut ni entrer dans le système, ni le quitter, le réseau est dit fermé. Le nombre de clients dans un réseau fermé est donc constant au cours du temps. Finalement, il existe également des réseaux mixtes qui ne sont qu'une juxtaposition de systèmes ouverts et fermés.

Un réseau de files d'attente traite parfois plusieurs types de clients répartis en autant de classes. Celles-ci sont caractérisées par leurs processus d'arrivée et de service dans les différentes files, leurs règles de routage ou leurs priorités qui permettent de modéliser le

comportement à adopter lorsque des clients de plusieurs classes cherchent à accéder à un même serveur.

III.1 Le modèle du réseau de files d'attente

Le modèle considéré est composé de « J » stations, avec serveur unique (dans notre cas J tâches avec laquelle passe un patient et dans chaque tâche il existe un seul médecin) et K types de clients (dans ce cas, K types de patients classés selon le degré de gravité : cas grave et cas non grave). Et chaque type de client suit un parcours déterminé.

Les clients de type k=1, 2, …, K arrivent au réseau d'après un processus de renouvellement indépendant. Chaque client de type k visite la séquence des stations après laquelle il quitte le système.

$$r_k(1), r_k(2), \ldots, r_k(s(k))$$

Il s'agit d'un réseau ouvert dans le sens que tous les clients arrivent des sources externes et finalement tous vont quitter le système. Aucun client ne peut visiter tout le centre de travail plus d'une fois. Le temps de service S(k) tout au long de la route des clients de type k donné, permet d'avoir une distribution arbitraire commune mais indépendante des processus d'arrivées et du temps de service des autres clients. Pour toute station j on définit

$$C_j = \{k : r_k(S) = j \;\; 1 \le S \le S(k)\}$$

C_j Représente l'ensemble d'un type de clients qui visitent la station j. La discipline de la file dans la station « j » est définie par la répartition de C_j en deux sous ensembles G_j et H_j. Les clients de type $K \in H_j$ sont plus prioritaires que les clients de type $K \in G_j$ dans la station j. Dans la même classe de priorité, les clients sont servis suivant la discipline premier arrivé premier servi (FCFS). Dans une station j, où il y a un seul niveau de priorité, on a $G_j = C_j$ et $H_j = \phi$.

Pour k= 1, …, K, avec $\{u_k^l \ge 1\}$ Séquences mutuellement indépendantes i.i.d avec $E|u_k^l| = 1$. Indépendamment de cela, on a K Séquences mutuellement indépendantes i.i.d $\{\tilde{v}_k^l \; l \ge 1\}$ des vecteurs aléatoires $\tilde{v}_k^l = \left(v_{rk(1),k}^l, \ldots, v_{rk(s(k)),k}^l\right)$

Pour $E\left|\tilde{v}_k^l\right| = (1,\ldots,1)$. On définit

$$\begin{aligned} \alpha_k^2 &= \operatorname{var}\left(u_k^l\right) \geq 0, \quad k = 1,\ldots,K \\ \beta_{jk}^2 &= \operatorname{var}\left(v_{jk}^l\right) \geq 0, \quad j = 1,\ldots,J \quad K \in C_j \\ \beta_{ijk} &= \operatorname{cov}\left(v_{ik}^l, v_{jk}^l\right) \quad j = 1,\ldots J \quad K \in C_i \cap C_j \end{aligned} \qquad (1)$$

$\left\{u_k^l\right\}$ Représente le temps d'arrivée normalisé. Et $\left\{v_{jk}^l\right\}$ le temps de service normalisé.

Le temps actuel d'arrivée et de service du modèle de file d'attente est construit par cette séquence par des constantes spécifiques $\lambda_k \geq 0$ pour k=1,…, K et $m_{jk} \geq 0$ pour j= 1,…, J et $k \in C_j$.

Supposant que $(\lambda_k)^{-1} u_k^l$ le temps d'arrivée au L^{ème} client de type k, et soit $m_{jk}\ v_{jk}^l$ le temps de service de ce même client dans la station j. Alors λ_k est le taux moyen d'arrivé et m_{jk} est le temps moyen de service.

Pour le processus de renouvellement $N_k = \left\{N_k(t), \quad t \geq 0\right\}$ est défini, pour k=1,…, K, Par

$$N_k(t) = \begin{cases} \max\left\{l \geq 0; u_k^l + \ldots + u_k^l \leq t\right\}, & u_k^l \leq t \\ 0 & u_k^l \geq t \end{cases} \qquad (2)$$

Le processus du nombre d'arrivée A_k pour les clients de type k est donné par:

$$A_k(t) = N_k(\lambda_k t), \quad t \geq 0$$

Et pour j=1,…,J et $k \in C_j$, on définit le processus L_{jk} par

$$L_{jk}(t) = \sum_{l=1}^{N_k(t)} v_{jk}^l, \qquad t \geq 0 \qquad (3)$$

$m_{jk} l(\lambda_k t)$ Représente la durée de travail du serveur j pour un client de type k qui arrive au réseau durant [0, t]

$$X_j(t) = \left(\sum_{k \in C_i} m_{jk} l_{jk}(\lambda_k t)\right) - t \quad t \geq 0 \qquad (4)$$

$X_j(t)$ Représente la durée totale de travail du serveur j pour la période entre [0, t]. Pour j=1,…, J, $I_j(t)$ est la durée totale que le serveur j a perdu durant [0, t]

$$W_j(t) = X_j(t) + I_j(t), \quad t \geq 0 \qquad (5)$$

Indique la durée totale de travail effectué par le serveur j dans le réseau durant le temps t.

$Z_j(t)$ est le travail non terminé de la station j dans le temps t.

$Q_{jk}(t)$ est le nombre de clients de type k dans le queue ou dans le service de la station j au temps t. et $U_{jk}(t)$ est le travail non terminé par ces clients $\sum_k U_{jk}(t) = Z_j(t)$

Les résultats de la limite sont obtenus sous une condition de la circulation lourde que nous allons définir dans la section suivante. On définie P_{jk} et P_j par :

$$P_{jk} = \lambda_k m_{jk} \quad , \quad j = 1, \ldots, J \quad k \in C_j$$
$$P_j = \sum_{k \in C_j} P_{jk}, \quad j = 1, \ldots, J \qquad (6)$$

Pour toute station j, on appelle P_{jk} l'intensité de circulation de type k et P_j est l'intensité de la circulation totale de cette station. Le réseau est stable si $P_j < 1$ pour tout j.

III.2 Le processus de limite

Soit $X = \{X(t),\ t \geq 0\}$ est le processus du Modèle Brownien J- dimensionnel. Avec un vecteur de mouvement μ et une matrice de covariance Σ. $X \approx BM(\mu, \Sigma)$.

Q : une matrice non négative $J \times J$ avec des zéros aux diagonales. Et $R = I - Q$

D'après Harisson et Reinan (1981), il existe une seule paire des processus de vecteurs lignes (Y, Z) qui satisfait les conditions suivantes :

- $Z(t) = X(t) + Y(t)R,$
- $Z_j(t) \geq 0 \quad pour\ tout\ t \geq 0,\ \ j = 1, \ldots, J$
- $Y_j(.)$ est continue et non décroissante avec $Y_j(0) = 0$
- $Y_j(.)$ croit au temps t que lorsque $Z_j(t) = 0$

Le processus Z est appelé RBM (Regulated Brownian Motion : Mouvement Brownien réglé). Il est déterminé en spécifiant les données μ, Σ, R . $Z \approx RBM(\mu, \Sigma, R)$

La limite dans le théorème de base est traitée en terme de mouvement Brownien réglé (RBM), dans lequel la matrice du régulateur à la forme R= I-Q avec Q est une matrice triangulaire strictement supérieure.

III.3 Le Théorème de base

On considère une séquence d'un réseau de file d'attente, comme elle est décrite dans la section précédente. Une séquence typique de construction des théorèmes de la circulation lourde (heavy traffic theorems) (Donlad *et al*, 1970) (Martin *et al*, 1984) a permis à tous les paramètres des arrivées et de distribution du service de varier d'un système à un autre.

Rappelons, d'après la section précédente, que les séquences de base des temps de services et des arrivées normalisés sont : $\left\{U_k^l \;\; l \geq 1\right\}$ et $\left\{V_{jk}^l \;\; l \geq 1\right\}$

La séquence du réseau est construite en utilisant une séquence de constantes positives $\left\{\lambda_k^n, n \geq 1\right\}$ et $\left\{m_{jk}^n, \;\; n \geq 1\right\}$

Dans le n° eme système, les temps d'arrivées sont $\left(\lambda_k^l\right)^{-1} U_k^l$ et les temps de services sont $m_{jk}^n \, V_{jk}^l$

P_{jk}^n et P_j^n correspondent à l'intensité de la circulation comme définie dans la section précédente. On associe pour le n°ème système un paramètre ε_n. Avec $\varepsilon_n \downarrow 0$ lorsque $n \to \infty$

Ces paramètres représentent la capacité d'excès dans une séquence de système lourdement chargé. Soit le processus du vecteur ligne $X^n, W^n, I^n, Z^n, U_n, Q^n et \; S^n$. Les versions pesées de ces paramètres sont :

$$\hat{X}^n(t) = \varepsilon_n X^n\left(t/\varepsilon_n^2\right), \qquad \hat{W}^n(t) = \varepsilon_n W^n\left(t/\varepsilon_n^2\right),$$
$$\hat{I}^n(t) = \varepsilon_n I^n\left(t/\varepsilon_n^2\right), \qquad \hat{Z}^n(t) = \varepsilon_n Z^n\left(t/\varepsilon_n^2\right), \qquad 0 \leq t \leq 1$$
$$\hat{U}^n(t) = \varepsilon_n U^n\left(t/\varepsilon_n^2\right), \qquad \hat{Q}^n(t) = \varepsilon_n Q^n\left(t/\varepsilon_n^2\right)$$
$$\hat{S}^n(t) = \varepsilon_n S^n\left(t/\varepsilon_n^2\right)$$

Supposant que $n \to \infty$ alors :

$(i)\ \varepsilon_n \downarrow 0,$

$(ii)\ \lambda_k^n \to \lambda_k < \infty \quad pour \quad k = 1,\ldots,K,$

$(iii)\ m_{jk}^n \to m_{jk} < \infty \quad pour \quad j = 1,\ldots,J \quad et \quad k \in C_j,$

$(iv)\ \sum_{k \in G_j} p_{jk} > 0 \quad pour \quad j = 1,\ldots,J \quad et$

$(v)\ \left(p_j^n - 1\right) / \varepsilon_n \to \theta_j,\ -\infty < \theta_j < \infty,\ \ pour \quad j = 1,\ldots,J$

$$\left(\hat{X}^n, \hat{W}^n, \hat{I}^n, \hat{Z}^n, \hat{U}^n, \hat{Q}^n, \hat{S}^n\right) \Rightarrow \left(X^*, W^*, I^*, Z^*, U^*, Q^*, S^*\right)$$

X^* est un processus de mouvement Brownien avec un vecteur de mouvement $\theta = \left(\theta_1,\ldots,\theta_j\right)$ et une matrice de covariance $\Sigma = \sigma_{ij}$ définie par

$$\sigma_{ij} = \begin{cases} \sum_{k \in C} \lambda_k m_{jk}^2 \left(\alpha_k^2 + \beta_{jk}^2\right), & i = j \\ \sum_{k \in C_i \cap C_j} \lambda_k m_{ik} m_{jk} \left(\alpha_k^2 + \beta_{ijk}\right), & i \neq j \end{cases} \tag{7}$$

Le processus de la limite est déterminé par la relation des équations (8)-(15)

$$W_j^*(t) = X_j^*(t) + I_j^*(t), \quad j = 1,\ldots,J \tag{8}$$

$$Z_j^*(t) = W_j^*(t) - \sum_{i<j} \gamma_{ij} Z_i^*(t), \quad j = 1,\ldots,J \tag{9}$$

Avec $\gamma_{ij} = \sum_{k \in G \cap C} P_{jk} / \sum_{k \in G} P_{ik} \quad i < j$

$$Z_j^*(t) \geq 0 \quad 0 \leq t \leq 1, \quad j = 1,\ldots,J \tag{10}$$

$I_j^*(.)$ est continue est non décroissante avec $I_j^*(0) = 0$ (11)

$I_j^*(.)$ croit lorsque $Z_j^*(t) = 0, \qquad j = 1,\ldots,J$ (12)

$$U_{jk}^*(t) = \begin{cases} 0, & k \in H_j \ ou\ k \notin C_j \\ \dfrac{P_{jk}}{\sum_{l \in G_j} P_{jl}} Z_j^*(t), & k \in G_j \end{cases} \tag{13}$$

$$Q_{jk}^*(t) = \begin{cases} 0, & k \in H_j \ \ ou\ k \notin C_j \\ \dfrac{\lambda_k}{\sum_{l \in G} P_{jl}} Z_j^*(t) = \dfrac{1}{m_{jk}} U_{jk}^*(t) & k \in G_j \end{cases} \tag{14}$$

$$S_k^*(t) = \sum_{\{j:\, k\in G_j\}} \left(\sum_{l\in G} P_{jl} \right)^{-1} Z_j^*(t), \quad k = 1,\ldots,K \qquad (15)$$

❖ **Remarque**

A partir du vecteur (8), $W^*(t) = X^*(t) + I^*(t)$, en définissant la matrice $\Gamma = (\gamma_{ij})$ [avec γ_{ij} est définie en (9) pour i<j et $\gamma_{ij} = 0$ autrement] la matrice (9) devient

$$Z_j^*(t)(I+\Gamma) = W_j^*(t)$$

Le fait que Γ est triangulaire et strictement supérieur garantit que $(I+\Gamma) \equiv R$

Explicitement on obtient : $R = I - \Gamma + \Gamma^2 + \ldots + (-1)^{J-1}\Gamma^{J-1}$

Sachant que : $R = I - Q$ d'où $Q = \Gamma - \Gamma^2 + \ldots + (-1)^J \Gamma^{J-1}$

En combinant (8) et (9)

$$Z^*(t) = W^*(t)R = X^*(t)R + I^*(t)R$$

En utilisant les propriétés de la distribution normale, $\{X^*(t)R, \quad 0 \le t \le 1\}$ est un vecteur de mouvement Brownien avec un vecteur de mouvement θR et une matrice de covariance $R^T \Sigma R$

III.4 Le Théorème Fonctionnel Centrale Limite : (Functional Central Limit Theorem : FCLT)

La première étape à faire pour prouver le théorème de base de la section précédente, est d'utiliser le théorème fonctionnel centrale limite (FCLT) pour X.

Pour N_k, $k = 1,\ldots,K$ définie en (2), on a :

$$\hat{N}_k^n(t) = n^{1/2}\left(N_k(nt) - nt\right), \qquad 0 \le t \le 1 \qquad (16)$$

On a $N_k^n \Rightarrow N_k^*$ avec $N_k^* \approx BM\left(0, \alpha_k^2\right)$. Et puisque les processus d'arrivé sont indépendants, on obtient

$$\hat{N}^n = \left(\hat{N}_1,\ldots,\hat{N}_k^n\right) \Rightarrow \left(N_1^*,\ldots,N_k^*\right) = N^*$$

En suite, on définit le processus des séquences du temps de service normalisé :

$$\hat{v}_{jk}^n(t) = n^{-1/2}\sum_{l=1}^{[nt]}\left(v_{jk}^l - 1\right), \qquad 0 \le t \le 1 \qquad (17)$$

Pour $j = 1,\ldots,J \quad et \quad k \in C_j$, on définit $\hat{V}_k^n(t) = \left(\hat{V}_{rk(1),k}^n(t),\ldots,\hat{V}_{rk(s(k)),k}^n(t)\right)$

En utilisant le théorème de vecteur de Donsker, on obtient $\hat{V}_k^n \Rightarrow V_k^*$, avec $V_k^* \approx BM\left(\tilde{0}, B^{(k)}\right)$ en se référant à (1), la $s(k)\times s(k)$ matrice de covariance $B^{(k)}$ a comme entrées :

$$b_{ij}^{(k)} = \begin{cases} \beta_{jk}^2, & i = j \\ \beta_{ijk} & i \neq j \end{cases}$$

Par l'indépendance du temps de service pour les différents types de clients, on obtient :

$$\hat{V}^n \equiv \left(\hat{V}_1^n, \ldots, \hat{V}_k^n\right) \Rightarrow \left(V_1^*, \ldots, V_k^*\right) \equiv V^*$$

Finalement, parce que les temps d'arrivées et les temps de services sont mutuellement indépendants, on a $\left(\hat{N}^n, \hat{V}^n\right) \Rightarrow \left(N^*, V^*\right)$

Le processus actuel du travail est présenté par $L_{jk}^n(t) = m_{jk}^n \; l_{jk}\left(\lambda_k^n t\right)$.

Soit $\begin{array}{l} h_{jk}^n(x) = m_{jk}^n x, \quad n = 1, 2, \ldots \\ h_{jk}(x) = m_{jk} x \end{array}$

La fonction du changement du temps est définie par :

$$\varphi_k^n(t) = \lambda_k^n t, \quad n = 1, 2 \ldots$$
$$\varphi_k(t) = \lambda_k t, \quad 0 \le t \le 1$$

On observe que $L_{jk}^n = h_{jk}^n\left(L_{jk} \circ \varphi_k^n\right)$, donc le résultat limite du processus $\hat{L}_{jk}^n$ est défini par : $\hat{L}_{jk}^n(t) = n^{-1/2}\left(L_{jk}^n(nt) - P_{jk}^n nt\right) = m_{jk}^n n^{-1/2}\left(L_{jk}\left(\lambda_k^n nt\right) - \lambda_k^n nt\right)$ (18)

Puisque $\hat{L}_{jk}^n \Rightarrow L_{jk}^*$ $\quad L_{jk}^*(t) = m_{jk}\left(N_k^*(\lambda_k t) + V_{jk}^*(\lambda_k t)\right)$ (19)

$$X_j^n(t) = \sum_{k \in C_i}\left(m_{jk}^n L_{jk}\left(\lambda_k^n t\right)\right) - t = \sum_{k \in C_i} L_{jk}^n(t) - t \qquad (20)$$

Par la normalisation $\hat{X}_j^n(t) = n^{-1/2} X_j^n(nt)$, à partir de l'équation (18), on obtient

$$\hat{X}_j^n(t) = \sum_{k \in C_i} \hat{L}_{jk}^n(t) + n^{1/2}\left(P_j^n - 1\right)t \qquad (21)$$

On prend $n^{1/2}\left(P_j^n - 1\right) \to \theta_j$ et $\hat{X}_j^n \Rightarrow X_j^*$ on obtient

$$X_j^*(t) \equiv \sum_{k \in C_i} L_{jk}^*(t) + \theta_j t \qquad (22)$$

Le processus limite X^* est un vecteur de mouvement Brownien avec un vecteur de mouvement $\theta = \left(\theta_1, \ldots, \theta_J\right)$, et une matrice de covariance $\Sigma = \sigma_{ij}$ donnée par

$$\sigma_{ij} = \begin{cases} \sum_{k \in C} \lambda_k m_{jk}^2 \left(\alpha_k^2 + \beta_{jk}^2 \right), & i = j \\ \sum_{k \in C_i \cap C_j} \lambda_k m_{ik} m_{jk} \left(\alpha_k^2 + \beta_{ijk} \right), & i \neq j \end{cases}$$

En utilisant le théorème Fonctionnel Central Limite, William Peterson (1991) a changé les formules données du théorème de base.

III.5 Les résultats pour un système monoposte

Il s'agit de cas d'un réseau composé d'une seule station « j » qui reçoit des clients arrivés de l'externe. $r_k(1) = j \quad k \in C_j$

$$X_j^n(t) = \sum_{k \in CC_j} L_{jk}^n(t) - t \quad n = 1, 2, \ldots$$

$L_{jk}^n(t)$ est le travail actuel des clients de type k dans la station j durant [0 t].

Pour le travail non achevé au temps t, est représenté par $Z_j^n(t) = X_j^n(t) + I_j^n(t)$ avec $I_j^n(t) = -\inf_{0 \le s \le 1} \left\{ X_j^n(s) \right\}$. $I_j^n(t)$ Est le cumule du temps perdu dans le serveur j durant [1 t]

La durée de travail du processus avec priorité est analysé par la même méthode du processus total.

$$X_{jh}^n(t) = \sum_{k \in H_j} L_{jk}^n(t) - t$$

Le travail non terminé pour la classe prioritaire au temps t est : $Z_{jH}^n(t) = X_{jH}^n(t) + E_j^n(t)$

Avec $E_j^n(t) = -\inf_{0 \le x \le 1} \left\{ X_{jH}^n(s) \right\}$

$E_j^n(t)$ est l'excès du temps durant [0 t] laissé pour le service des clients appartenant à la classe moins prioritaire.

$$U_{jk}^*(t) = P_{jk}^*(t) = \frac{P_{jk}}{P_{jG}} Z_j^*(t) \quad \text{avec } P_{jk} = \lambda_k m_{jk} \quad \text{et}$$

$$Z^*(t) = W^*(t) R = X^*(t) R + I^*(t) R$$

$$Q_{jk}^*(t) = \frac{\lambda_k}{P_{jG}} Z_j^*(t) = \frac{1}{m_{jk}} U_{jk}^*(t)$$

Pour la classe prioritaire :

$$Q_{jk}^n(t) = A_k^n(t) - A_k^n\left(T_{jh}^n(t)\right) \quad k \in H_j$$

III.6 L'extension du réseau

Dans le cas précédent, on a considéré j=1. Ici on va préciser les résultats pour le reste des postes constituant le réseau c'est-à-dire pour i= 1,…, j-1

$$S_{lk}^{*}(t)=\begin{cases}0 & k\in H_{rk(l)}\\ Z_{rk(l)(t)}^{*}/P_{rk(l),G} & k\in G_{rk(l)}\end{cases}\quad Q_{jk}^{*}(t)=\frac{\lambda_k}{P_{iG}}Z_i^{*}(t)\delta_{ik}\quad \text{Avec } \delta_{ik}=\begin{cases}1 & si\ k\in G_i\\ 0 & autres\end{cases}$$

<u>*Pour la classe prioritaire*</u>

$$Q_{jk}^{n}(t)=A_{jk}^{n}(t)-A_{jk}^{n}\left(T_j^{n}(t)\right)$$

<u>*Le temps d'attente*</u>

$$S_{lk}^{*}(t)=\begin{cases}0 & k\in H_{rk(l)}\\ Z_{rk(l)(t)}^{*}/P_{rk(l),G} & k\in G_{rk(l)}\end{cases}$$

$$S_k^{*}(t)=\sum_{l=1}^{S(k)}S_{lk}^{*}(t)=\sum_{\{j:k\in G_j\}}\frac{Z_j^{*}}{P_{ij}}$$

Après l'identification des techniques d'évaluation et d'analyse de la performance d'un système, nous passons à l'application de ces techniques au service d'urgence de l'hôpital Habib Bourguiba Sfax.

IV. EVALUATION DES PERFORMANCES DU SERVICE

Pour évaluer la performance d'un système, on utilise soit les méthodes analytiques, telles que les réseaux de files d'attentes, soit la simulation. Chacune de ces méthodes comporte ses avantages et ses inconvénients. Les solutions analytiques bénéficient de temps de résolution très rapides. Les résultats peuvent être immédiats, car ils sont déterminés à partir d'équations mathématiques issues du formalisme emprunté. Toutefois, les modèles doivent être suffisamment simples pour demeurer solubles par voie analytique. Ainsi, la zone de fonctionnement de ces solutions, bien qu'étendue par les méthodes de résolutions approximatives, demeure assez restreinte. Notons que les simplifications sur les modèles comme les approximations de résolution, constituent des procédés à risques, car elles peuvent

aboutir à des résultats incohérents (en évinçant des phénomènes ayant une incidence notable sur le comportement à étudier).

A l'inverse, les simulations permettent théoriquement de résoudre toutes les modélisations, y compris celles très détaillées, mais leur exploitation peut se révéler très longue et incertaine: une simulation peut durer très longtemps jusqu'à plusieurs semaines. De plus, si le modèle n'est pas ergodique (une simulation ne représente alors qu'une trajectoire possible du modèle parmi tant d'autres), l'expérience simulatoire devra être répétée plusieurs fois afin d'obtenir des résultats significatifs et exploitables. Toutefois, les simulations représentent un outil de résolution des modèles très apprécié, car il constitue une technique « simple » à mettre en oeuvre et efficace, du moins pour obtenir des résultats bruts et numériques sur les performances d'un système. Enfin, un atout supplémentaire, et non des moindres, des méthodes de résolution analytique, tient au fait qu'elles permettent d'obtenir une perception intrusive dans la structure et dans le comportement du système grâce aux formulations littérales des expressions mathématiques qui régissent le système. Cette propriété peut s'avérer très bénéfique pour la compréhension d'un système car elle permet, entre autres, d'identifier rapidement et clairement les paramètres clés d'un système.

IV.1 La simulation

La simulation se définit comme l'utilisation ou la résolution de modèles correspondant à un système donné pour étudier le comportement de ce dernier dans un contexte précis. La simulation est couramment utilisée comme outil d'aide à la décision dans le domaine des systèmes de production de biens ou de services. Sa mise en œuvre passe par les quatre étapes précisées précédemment : l'analyse, la modélisation, l'implémentation informatique et la simulation.

Dans notre cas, nous allons commencer directement par l'implémentation informatique (Jlassi *et al*, 2007b) (Jlassi *et al*, 2007c), car les deux premières étapes (l'Analyse et collecte de données et la modélisation) sont faites au départ au niveau de la modélisation du processus.

IV.1.1 Implémentation sur le logiciel Witness

Le modèle de simulation a été implémenté avec le logiciel Witness, qui est un des plus répondus dans le domaine de la simulation avec animation graphique. Notre choix de Witness se justifie d'une part par sa reconnue comme l'un des meilleurs logiciels de simulation, car il

permet d'obtenir un modèle de simulation flexible qui peut être facilement modifié et complété (Shabayek *et al*, 2002), et d'une autre part, sa disponibilité dans nos locaux de recherche.

Le travail consiste à traduire le modèle IDEF3x en un modèle Witness qui garde la sémantique du modèle de départ. Les tâches sont représentées par des machines (ou stations) au niveau du modèle Witness. Le patient est représenté par une pièce circulant dans le processus selon le chemin prédéfini. Les stocks représentent des patients en attente avant traitement par une tâche donnée.

IV.1.2 Validation du modèle de simulation

La validation du modèle est prioritaire avant la phase d'expérimentation. Nous avons effectué beaucoup de tests pour examiner et ajuster le paramétrage et le contrôle du modèle afin d'approcher la réalité, le plus finement possible. La figure ci-dessous est l'histogramme du nombre de patients traités par chaque tâche durant une semaine basé sur les données réelles d'avril 2006.

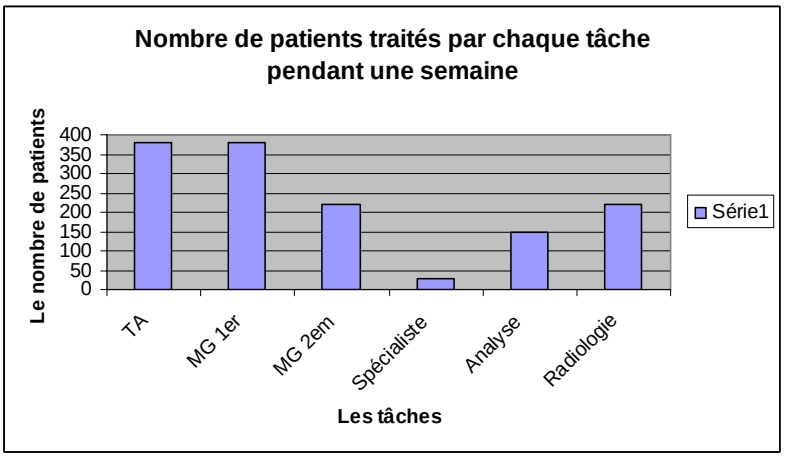


Figure 12: Le nombre de patients traités par chaque tâche pendant une semaine

Par comparaison avec les données réelles, nos résultats présentés sur les deux figures suivantes qui indiquent le nombre de patients traités par chaque tâche démontrent que notre modèle peut être un outil de simulation fiable et contribuer aux diagnostics par la suite.

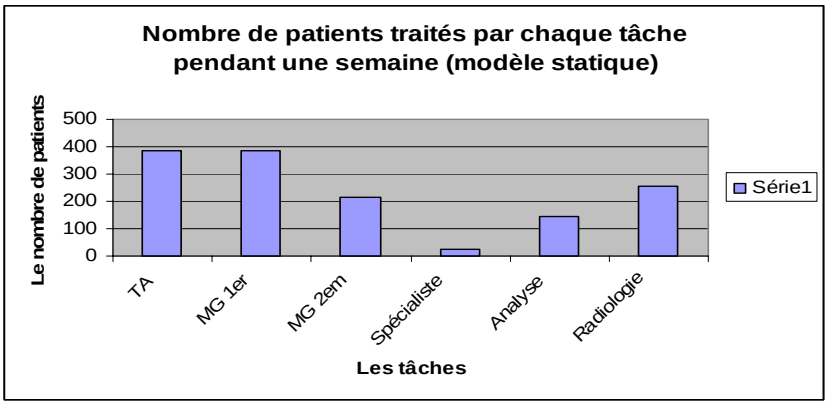


Figure 13: Nombre de patients traités par chaque tâche pendant une semaine (modèle statique)

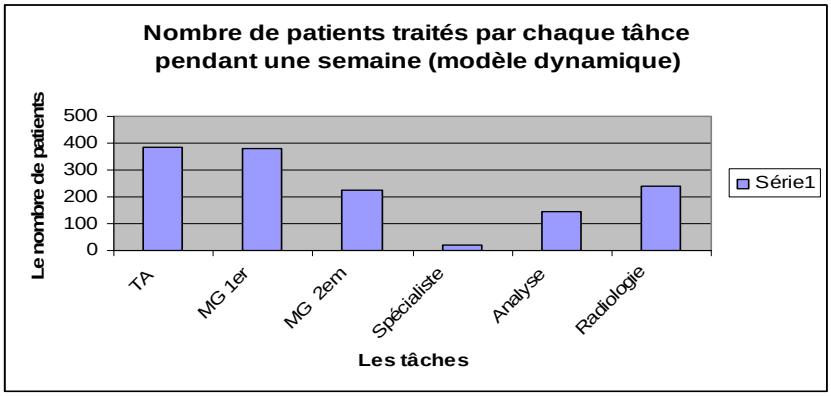


Figure 14: Nombre de patients traités par chaque tâche pendant une semaine (modèle dynamique)

Les deux figures présentent le nombre de patients traités par chaque tâche à travers laquelle passe le patient dans le service pour les deux modèles de simulation statique et dynamique. Nous passons, après la validation du modèle, à l'étape de diagnostic.

IV.1.3 Diagnostics et Résultats

Reproduire le comportement de la réalité sur le modèle Witness nous a amené à définir, depuis notre échantillon, les pourcentages d'orientation du patient vers les tâches suivantes :

1. entre « Analyse, Radiologie et sortis ».
2. entre « visiter une deuxième fois médecin «faire soigner» et «médecin spécialiste ».

En ce qui concerne les temps associés à chaque tâche, deux implémentations ont été proposées :

1. *Implémentation statique* noté « ST » : le temps de cycle de chaque tâche représente la moyenne effectuée sur l'ensemble des temps associés à chaque patient.

2. *Implémentation dynamique* noté « DY » : dans cette deuxième implémentation, le cycle de chaque tâche suit une distribution probabiliste qui modélise la durée d'attente et du traitement des 100 patients. La suite de l'étude sera effectuée sur le modèle dynamique puisqu'il reflète plus fidèlement le réel.

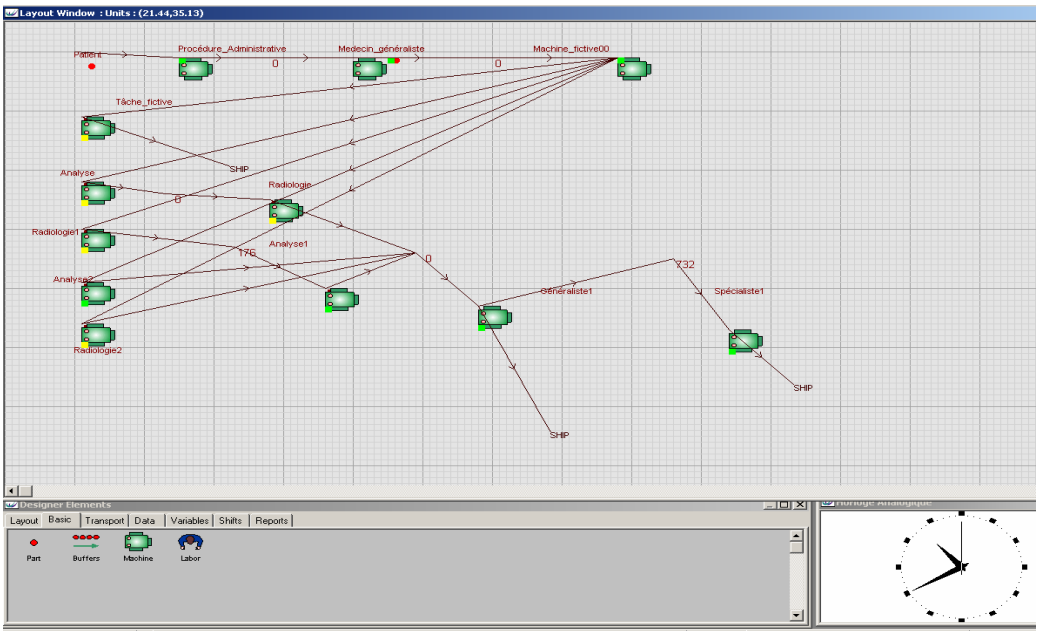


Figure 15: Modèle Witness élaboré (Jlassi *et al*, 2007b) (Jlassi *et al*, 2007c)

IV.1.4 Utilisation du modèle

L'étape suivante consiste à lancer nos deux modèles Witness sur deux durées différentes afin de les expérimenter et d'en tirer des résultats. Les premiers résultats retenus nous permettrons d'évaluer la performance de notre processus correspondant aux indicateurs suivants :

- nombre de patients arrivés.
- nombre de patients en cours de traitement.
- nombre de patients traités dans tout le service.
- nombre de patients traités dans chaque tâche.
- taux d'occupation et de disponibilité au niveau de chaque tâche.
- nombre de patients en attente (en stock).

Ces indicateurs permettent d'évaluer la performance et donc de vérifier l'atteinte de l'objectif fixé au départ.

Les tableaux qui suivent présentent les premiers résultats de simulation pour 1 semaine et pour 25 semaines.

			Tâche administrative		Médecin (Généraliste ou orthopédie) 1ere passage		Médecin (Généraliste ou orthopédie) 2eme passage		Spécialiste		*Analyse*		Radiologie	
Nbre patients entrés	385	384												
Nbre patients traités	183	247	384	383	383	378	217	223	26	19	147	147	255	239
En cours de traitement	202	137												
% Occupation tâche			100	100	98.25	95.10	99.25	98.65	97.42	98.65	80.32	80.61	19.91	18.47
% Disponibilité tâche			0	0	1.71	4.90	0.75	1.35	2.52	1.35	19.67	19.38	80.08	81.55

Tableau 5: Résultat de la simulation pour une durée de 10000 minutes (1 semaine)

			Tâche administrative		Médecin (Généraliste ou orthopédie) 1ere passage		Médecin (Généraliste ouorthopédie) 2eme passage		Spécialiste		*Analyse*		Radiologie	
Nbre patients entrés	3847	3746												
Nbre patients traités	2409	2542	3846	3745	3845	3744	2187	2198	269	268	1531	1520	2505	2307
En cours de traitement	1438	1204												
% Occupation tâche			100	100	98.47	96.19	99.89	99.84	99.70	99.86	82.81	82.02	19.74	18
% Disponibilité tâche			0	0	1.53	3.81	0.11	0.16	0.30	0.14	17.18	17.97	80.25	82

Tableau 6: Résultat de la simulation pour une durée de 100000 minutes (25 semaines)

Les résultats indiqués dans les deux tableaux montrent que le médecin généraliste au deuxième passage des patients et le médecin spécialiste sont les tâches les plus occupées. Dans ce qui suit, nous continuerons de travailler avec le modèle dynamique puisqu'il reflète la réalité du passage de patient au niveau du service d'urgence. Le passage des patients chez le médecin généraliste au niveau du deuxième passage des patients ainsi que chez le médecin spécialiste occupe un temps d'attente important.

Après l'évaluation de la performance du service d'urgence, tout en utilisant le modèle de simulation, nous passons à la validation des résultats de ce modèle par l'application des réseaux de files d'attentes.

IV.2 Application des réseaux de files d'attente

Un réseau de files d'attente est constitué d'un ensemble de stations interconnectées, à travers lesquelles circulent des entités appelées clients (dans notre cas patients). Chaque station est composée d'une file d'attente et d'un ou plusieurs serveurs. Les serveurs peuvent être vus comme des ressources dispensant des services aux clients. Lorsque la ressource demandée par un client n'est pas libre (c'est-à-dire occupée à servir un autre client), le client patiente dans une file d'attente jusqu'à la libération de la ressource et quitte la station après avoir reçu le service demandé.

Lorsque l'on modélise les flux des patients dans le service étudié, les clients sont les patients qui passent d'une tâche à une autre, les serveurs sont les différentes tâches (tâche administrative, la consultation du médecin généraliste, la radiologie, la consultation d'un médecin spécialiste). Enfin, les files d'attente peuvent être le nombre de patient en salle d'attente entre les différentes tâches. Dans cette partie, il s'agit d'un réseau de files d'attentes multi classe avec priorité de classe.

IV.2.1 Résultats des réseaux de files d'attente multi classe avec une classe prioritaire

Dans le service d'urgence étudié, il existe deux classes de patients :

- Classe 1 : cas non grave
- Classe 2 : cas grave

Lorsqu'un patient de la classe cas grave arrive, il doit être immédiatement soigné et donc il peut interrompre le service d'un patient cas non grave. En appliquant les formules données par Petrson (1991) on obtient les résultats suivants

Le réseau est composé de 6 tâches :

- T1 : La tâche administrative ;
- T2 : La 1ère visite d'un médecin généraliste
- T3 : L'analyse ;
- T4 : La radiologie ;
- T5 : La 2ème visite d'un médecin généraliste
- T6 : La visite d'un médecin spécialiste.

$$P_{jk} = \lambda_k m_{jk}, \quad j = 1,\ldots,J \quad k \in C_j$$
$$P_j = \sum_{k \in C_j} P_{jk} \quad j = 1,\ldots,J$$

$P_{11} = \lambda_1 m_{11} = 55,59$; $P_{12} = \lambda_2 m_{12} = 0$; $P_{21} = \lambda_1 m_{21} = 107,008$; $P_{22} = 71,25$; $P_{31} = 146,3$;

$P_{32} = 95$; $P_{41} = 96$; $P_{42} = 85,5$; $P_{51} = 133$; $P_{52} = 95$; $P_{61} = 188$; $P_{62} = 118$

$$Z_j^*(t)(I + \Gamma) = W_j^*(t)$$

$$R = I - \Gamma + \Gamma^2 + \ldots + (-1)^{J-1} \Gamma^{J-1}$$

Γ est triangulaire et strictement supérieur garantie que $(I + \Gamma) \equiv R$

$$\gamma_{ij} = \sum_{k \in G_i \cap C_j} P_{jk} \Big/ \sum_{k \in G_i} P_{ik} \quad i \le j$$

$$\Gamma = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1.9 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1231 & 6.32 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 17.8 & .91 & 0.14 & 1 & 0 & 0 \\ 11 & 5.66 & 0.89 & 6.18 & 1 & 0 \\ 22.8 & 11.71 & 1.85 & 12.79 & 2.069 & 1 \end{bmatrix}$$

$$Z_j^*(t) = \begin{bmatrix} 94 \\ 199.3 \\ 975.7 \\ 920.15 \\ 1023.25 \\ 2092.15 \end{bmatrix}$$

1) <u>La classe des patients : Cas non Grave</u>

- La première tâche :

$$Q_{jk}^{*}(t)=\frac{\lambda_k}{P_{jG}}Z_j^{*}(t)=\frac{1}{m_{jk}}U_{jk}^{*}(t)$$

$$Q_{11}^{*}(t)=7,068$$

- Le reste des tâches :

$$Q_{ik}^{*}(t)=\frac{\lambda_k}{P_{iG}}Z_i^{*}(t)\delta_{ik} \text{ Avec } \delta_{ik}=\begin{cases}1 & si\ k\in G_i\\ 0 & autres\end{cases}$$

$$Q_{21}^{*}(t)=7,78\ ;\ Q_{3.1}^{*}(t)=27,93\ ;\ Q_{41}^{*}(t)=40,06\ ;\ Q_{51}^{*}(t)=32,15\ ;\ Q_{61}^{*}(t)=46,51$$

2) <u>La classe des patients : Cas grave</u>

$$Q_{jk}^{n}(t)=A_{jk}^{n}(t)-A_{jk}^{n}\left(T_j^{n}(t)\right)$$

$$A_k(t)=N_k(\lambda_k t),\qquad t\geq 0$$

$$N_t(t)=\begin{cases}\max\left\{l\geq 0;u_k^l+\ldots+u_K^L\leq t\right\}, & u_k^l\leq t\\ 0 & u_k^l\geq t\end{cases}$$

$$T_j^n=\frac{1}{P_{jG}}Z_j^{*}$$

Pour le calcule de u_k^l normalisé : on a pris un échantillon pour la détermination des temps moyens d'arrivées ensuite on a appliqué le théorème centrale limite

$$E(X)=\frac{1}{N}\sum X_i$$

$$V(X)=\left(X_i-\overline{X}\right)^2$$

Si $X_i\rightarrow N(\mu,\sigma)$ alors $\dfrac{X-E(X)}{\sqrt{V(X)}}\rightarrow N(0,1)$

Les résultats obtenus

$Q_{12}^{*}(t)=0$; $Q_{22}^{*}(t)=5,23$; $Q_{32}^{*}(t)=14,03$; $Q_{42}^{*}(t)=17,21$; $Q_{52}^{*}(t)=16,57$; $Q_{62}^{*}(t)=20,49$

3) <u>Le temps d'attente</u>

$$S_k^*(t) = \sum_{l=1}^{S(k)} S_{lk}^*(t) = \sum_{\{j:k\in G_j\}} \frac{Z_j^*}{P_{ij}}$$

$$S_k^*(t) = 1,69 + 1,86 + 9,58 + 7,69 + 11,12 = 31,94$$

Les résultats du réseau de file d'attente peuvent être présentés par les figures suivantes. (Jlassi *et al*, 2008b) (Jlassi *et al*, 2008c) (Jlassi *et al*, 2009a) (Jlassi *et al*, 2009b) (Jlassi *et al*, 2009c)

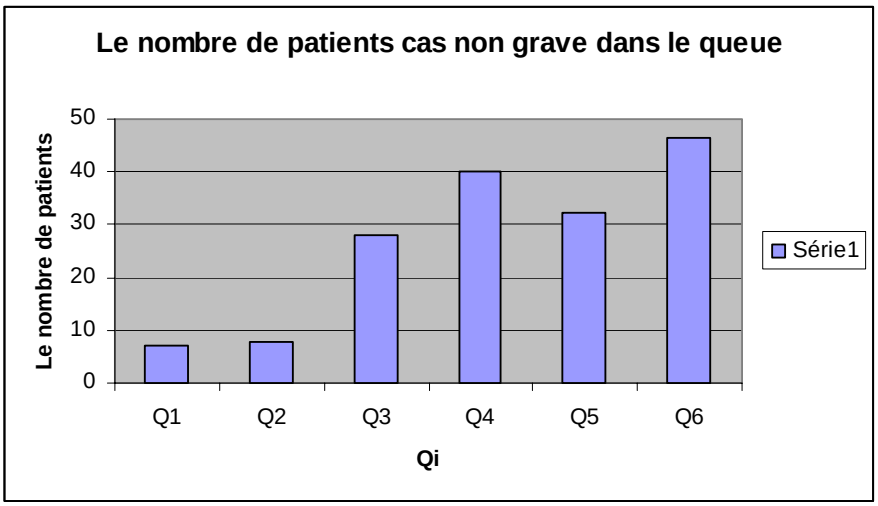


Figure 16: Le nombre de patients dans le queue (patients cas non grave)

La figure suivante montre que le nombre important de patients, cas non grave, dans le queue se trouve devant le médecin généraliste, au niveau du deuxième passage des patients, et aussi devant le médecin spécialiste.

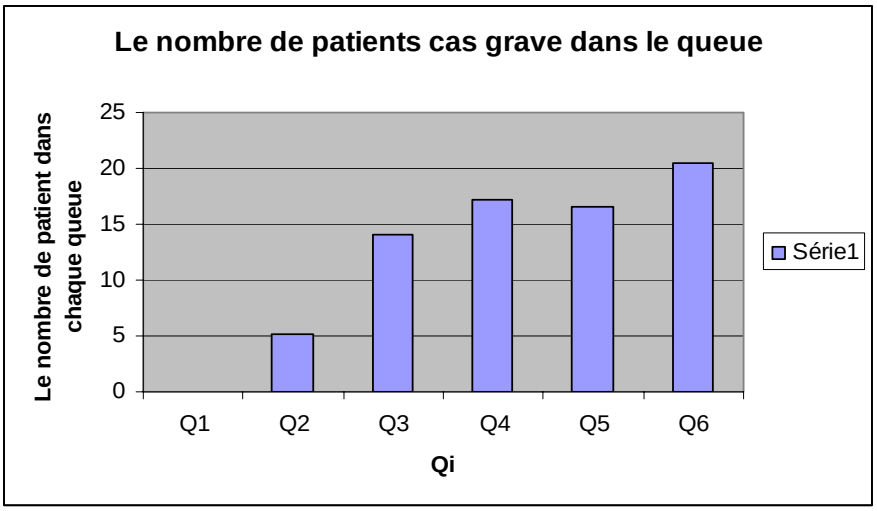


Figure 17: le nombre de patients dans le queue (patients cas grave)

Par ailleurs, la figure ci-dessus, précise que le nombre de patients, cas grave, est assez élevé dans le queue devant le médecin généraliste, au niveau du deuxième passage des patients, et le médecin spécialiste.

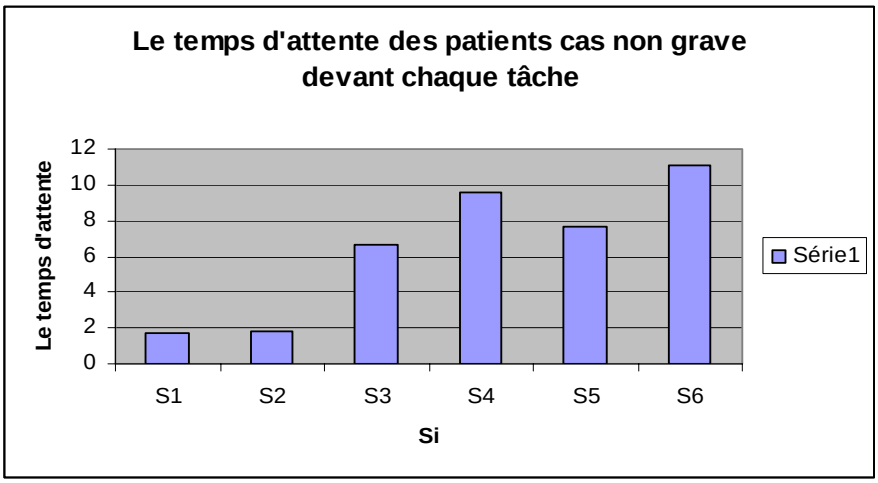


Figure 18: Le temps d'attente des patients

Les résultats de cette figure indiquent que les patients passent un temps d'attente important chez le médecin généraliste au deuxième passage des patients et chez le médecin spécialiste.

Les résultats obtenus par les réseaux de files d'attente sont cohérents avec ceux de la simulation, ce qui justifie la nécessité d'ajouter soit un médecin généraliste au niveau du deuxième passage des patients soit un médecin spécialiste puisque ces deux tâches sont les plus occupées et le patient passe plus de temps à attendre. De ce fait, il est important de fixer les inducteurs de performance sur lesquels nous pouvons agir et aussi de choisir les axes d'amélioration.

V. CONCLUSION

Pour évaluer la performance d'un système, deux étapes peuvent être suivies : la phase de modélisation et la phase d'analyse. Ce chapitre présente les deux techniques que nous proposons d'utiliser pour évaluer la performance du service d'urgence au niveau de la phase d'analyse. Nous avons commencé par présenter la simulation et ses étapes de mises en œuvre. Ensuite, nous avons présenté les réseaux de files d'attente comme technique complémentaire pour la précédente. L'application de ces deux techniques a donné des résultats cohérents, ce qui prouve que le temps d'attente chez le médecin généraliste, au niveau du deuxième passage des patients, et chez le médecin spécialiste est le plus important. De ce fait, il est important d'identifier les inducteurs de performance et aussi de choisir les actions d'amélioration.

Chapitre 5

AIDE AU CHOIX DES ACTIONS D'AMELIORATION

Dans ce chapitre, nous exposons, au départ, les inducteurs de performance identifiés par le diagramme en arbre. Nous utilisons, par la suite, la méthode AHP floue et ce dans le but de choisir l'inducteur sur lequel nous pouvons agir et lancer à nouveau le modèle de simulation. A la fin de ce chapitre, l'identifier de l'action d'amélioration, qui aide les responsables du service d'urgence à minimiser la durée de séjour des patients, est réalisé par l'utilisation de la méthode PROMETHEE floue.

I. INTRODUCTION

Dans les chapitres ultérieurs, et au départ nous avons modélisé graphiquement le processus des patients dans le service d'urgence afin de mieux comprendre les causes de rallongement des délais. Ensuite nous avons appliqué les deux techniques simulation et réseaux de files d'attentes pour évaluer la performance du service d'urgence avec certains indicateurs. Les résultats ont montré que le patient passe le temps d'attente le plus long chez le médecin généraliste au niveau du deuxième passage des patients et chez le médecin spécialiste. Pour minimiser le délai de séjour des patients, nous proposons dans ce chapitre de fixer les inducteurs de performances sur les quels nous pouvons agir et aussi choisir entre les actions d'amélioration.

II. IDENTIFICATION DES INDUCTEURS DE PERFORMANCE

L'évaluation de la performance d'un système ne se termine pas à la dernière phase de simulation. Ainsi, les chercheurs passent à l'étape d'évaluation de la performance tout en faisant varier quelques paramètres. Il s'agit de lancer à nouveau le modèle de simulation tout en agissant sur certains inducteurs de performances. Un inducteur de performance est le facteur qui influe sur la performance d'une activité ou de tout un processus. Dans une démarche d'aide à la décision, c'est la « variable d'action » sur laquelle on peut agir et décider afin de faire évoluer le processus et de mieux atteindre l'objectif. (Addouche *et al*, 2005)

Dans un service d'urgence, à la suite de l'identification des indicateurs de performance, les chercheurs passent à l'identification des inducteurs de performances qui permettent d'améliorer la performance des processus. Tao *et al* (2006) ont proposé comme inducteurs l'ajout d'un médecin. Dehas *et al* (2006) ont essayé d'évaluer la performance tout en faisant varier quelques paramètres comme le taux d'arrivées des malades dans le système, les capacités et le nombre d'infirmiers des différents services d'hospitalisation, ainsi que l'ajout des médecins de garde à la salle de consultation. Miller *et al* (2004) ont proposé comme inducteurs, affectation de lits, durée de la prise de radiographies ou d'examens en laboratoire. L'étude de Griffiths *et al* (2005) traite comme inducteurs prévision du nombre d'infirmières régulières et ajout d'un programme de soins.

Dans notre cas, pour choisir l'inducteur sur lequel il faut agir, nous proposons d'utiliser le diagramme en arbre.

II.1 Diagramme en arbre : définition et étapes de mise en oeuvre

Le diagramme en arbre est une représentation en arborescence qui permet à partir d'un objectif de départ de décliner l'ensemble des objectifs intermédiaires et les moyens à mettre en oeuvre. Son objectif est de rechercher l'ensemble des moyens à mettre en oeuvre pour atteindre un objectif déterminé. Pour réaliser ce diagramme certaines étapes sont à suivre :

- Formuler l'objectif de départ

Après discussion, l'objectif initial est noté sur un post-it et placé en haut et au milieu de la feuille de papier kraft. Les participants notent individuellement leurs idées sur les post-it, en général ils disposent de 4 à 6 post-it chacun. Chaque post-it ne doit contenir qu'une phrase simple ne reprenant qu'une idée.

- Clarifier les moyens proposés

On trace au centre de la feuille un cercle en pointillé et on place le post-it regroupé sur la partie gauche de la feuille. On déplace un de la post-it sur le cercle et on essaie de définir ce qu'on entend par la phrase notée. Une fois qu'une définition précise et commune à l'ensemble des participants est adoptée, le post-it est déplacé à droite de la feuille. L'opération est renouvelée pour chaque post-it pour que toutes les idées soient clairement explicitées.

- Classer et hiérarchiser les moyens

Les post-it sont ensuite classés en groupe de 2 à 4 en fonction de points communs de mise en oeuvre. Dans chaque groupe, on détermine quel est le moyen de 1er ordre ou moyen directement lié à l'atteinte de l'objectif (il s'agit d'un moyen déjà cité ou d'un moyen à définir pour englober l'ensemble des éléments du groupe). Chacun de ces moyens est placé en colonne sur une branche directement liée à l'objectif de départ par une flèche allant de l'objectif au moyen.

- Définir les moyens nécessaires pour atteindre les sous objectifs

Les moyens de 1er ordre sont ensuite considérés comme des objectifs à atteindre (ou objectifs de second ordre). Pour chacun de ces sous objectifs, on explicite les moyens à mettre en oeuvre en suivant le principe des étapes 2 à 4. La démarche peut être poursuivie pour les moyens de 2e et éventuellement de 3e ordre.

- Valider le diagramme

Le diagramme est relu de manière à vérifier que les moyens proposés permettent bien d'atteindre les objectifs et sous objectifs fixés.

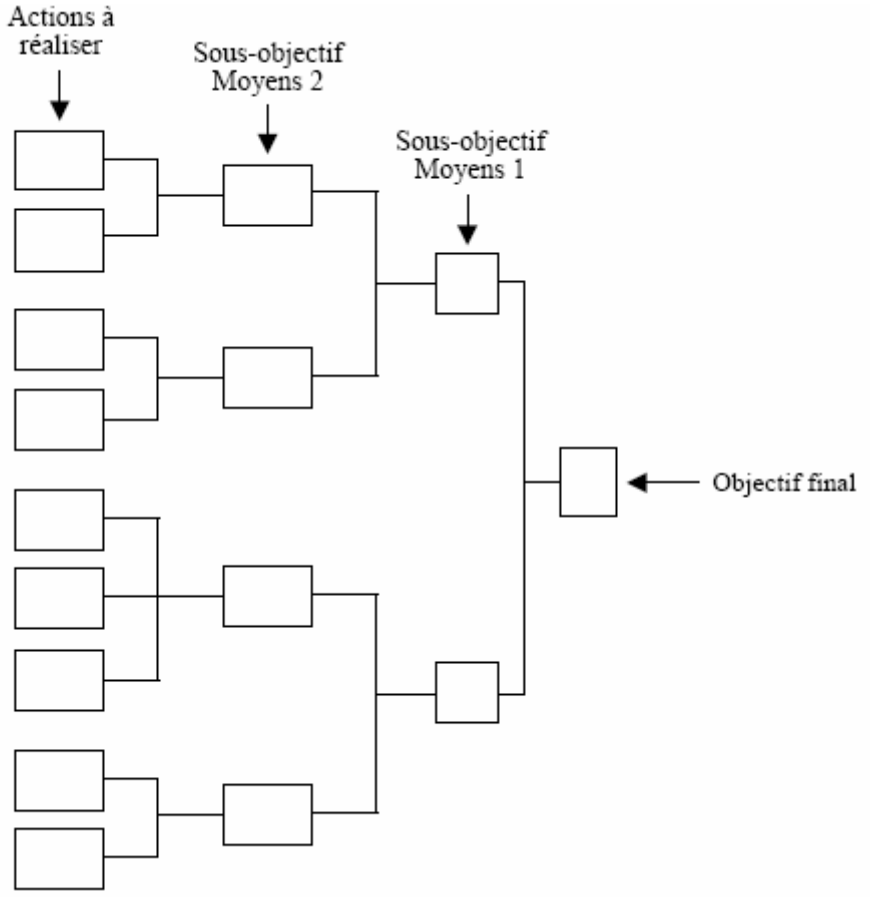


Figure 19: Le diagramme en arbre

Le diagramme en arbre nous permet d'identifier les inducteurs, mais ne nous permet pas de les classifier pour choisir le plus important. Pour cela, nous proposons d'utiliser une méthode d'analyse multicritère. Une fois nous dégagerons l'inducteur sur lequel il faut agir, nous lancerons à nouveaux le modèle de simulation ce qui nous permettra d'obtenir certaines actions d'amélioration de performance.

II.2 Diagramme en arbre : détermination des inducteurs de performance

Pour définir et choisir les inducteurs sur les quels nous pouvons agir et modifier le modèle de simulation de départ à fin d'améliorer la performance du système nous avons proposé d'utiliser le diagramme en arbre. Pour chercher, comment nous pouvons atteindre l'objectif fixé au départ qui est l'augmentation du nombre de patients traités (minimisation du cycle de parcours des patients) et avec l'aide de certains personnels travaillant dans le service et le directeur financier de l'hôpital Habib Bourguiba Sfax, nous avons obtenu le diagramme ci-

dessous. Ce dernier nous permet de choisir et fixer l'inducteur sur lequel nous pouvons agir pour améliorer la performance du système. (Jlassi *et al*, 2007d)

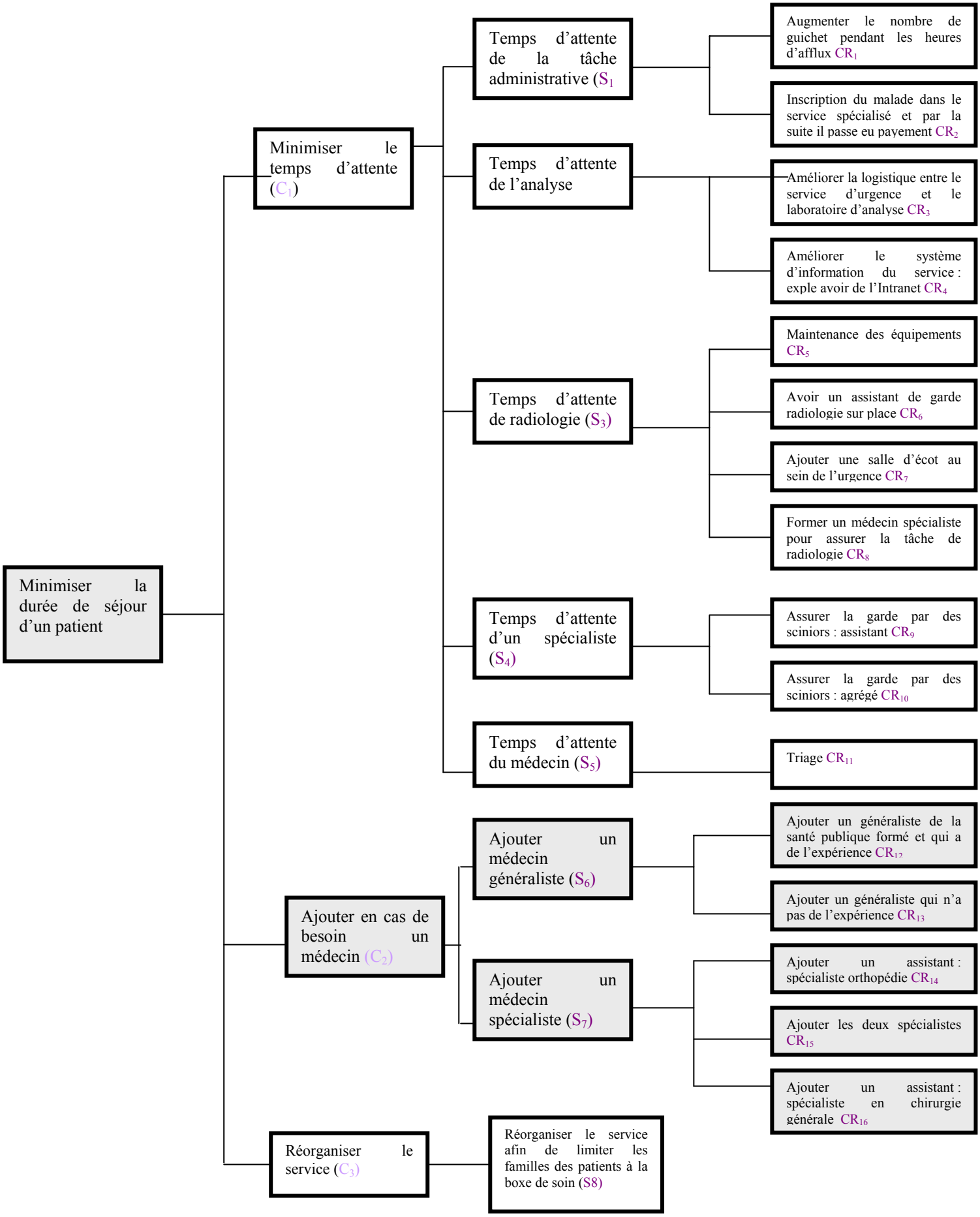


Figure 20: Le diagramme en arbre proposé (Jlassi *et al*, 2007d)

A partir du diagramme suivant, nous pouvons déterminer les principaux inducteurs de performances qui permettent aux responsables du service de se rapprocher de l'objectif fixé tel que la minimisation du délai de séjour du patient et donc l'augmentation du nombre de patients traités par le service. Cependant il est important de choisir les inducteurs les plus important, selon les points de vues des responsables, sur les quels nous pouvons agir et lancer à nouveau le modèle de simulation. C'est pour cela que nous proposons d'appliquer une méthode d'aide à la décision multicritère: la méthode AHP.

III. LA METHODE AHP

Saaty (1980) a proposé, il y a plus de 20 ans, le modèle Analytic Hierarchy Process (AHP), qui est une méthode assez simple dans son principe et dans sa mise en oeuvre, ce qui explique peut être le nombre assez important de publications scientifiques qu'elle a déclenché. La résolution de problème selon la méthode AHP est l'analyse multicritère la plus répondue parce qu'elle accompagne le décideur dans la méthodologie de formulation de son problème et en particulier parce qu'elle propose une méthode d'évaluation des paramètres d'importance. Elle procède par combinaisons binaires de chaque niveau de la hiérarchie par rapport aux éléments du niveau supérieur. Les raisons de sa popularité sont :

- Unités de mesures : Qualitatives et quantitatives, valeurs relatives ou absolues pour établir des priorités ;
- Structure hiérarchique : Trie des éléments d'un système dans différents niveaux et dans des groupes à caractéristiques similaires ;
- Interdépendance : Permet de considérer l'interdépendance des éléments d'un système sans insister sur le raisonnement linéaire ;
- Consistance : Permet de garder une consistance logique des jugements utilisés pour déterminer les priorités ;
- Synthèse: Permet d'obtenir une appréciation générale de la désirabilité de chaque alternative ;
- Identification des priorités: Permet de considérer la priorité relative de chaque critère pour ainsi obtenir la meilleure alternative selon les objectifs identifiés ;
- Unicité: Sa flexibilité permet son utilisation dans un éventail varié de problèmes non structurés. Cette méthode a été utilisée dans des domaines aussi variés que le conflit du Moyen Orient (1972), la planification du transport au Soudan (1973-1975), la planification d'un institut de recherche (1977), les prix du pétrole en 1990 (1980), une

exploration minière en Mauritanie (1976), l'achat d'un véhicule, le choix de systèmes de production dans des industries et plusieurs autres.

Le point de départ de la méthode est de définir une arborescence hiérarchique de critères et de sous critères. Chaque critère doit être identifié avec sa définition et son intensité. Il faut en effet que la somme des poids de tous les critères fils d'un même critère père, soit égale à1. Cette expression des poids est appelée relation d'interdépendance. La détermination des poids des facteurs se fait une fois que la hiérarchie complète du problème est posée. On va comparer deux à deux les différentes branches de même niveau, en attribuant une note chiffrée à la façon dont on ressent la différence entre les deux critères. Ainsi on dispose de toute cette échelle de valeurs pour remplir une matrice de jugements, qu'on notera A dans les formules mathématiques. I_d la matrice identité d'ordre n, n étant le nombre d'actions prises en compte dans l'étude. On va ensuite, une fois cette matrice remplie, normaliser par colonne cette matrice (on additionne les valeurs d'une même colonne, puis on divise chaque nombre de la colonne par cette somme). Puis on calcule la moyenne arithmétique des nombres sur chaque ligne. Chaque ligne correspondant à un critère, la moyenne associée au critère définit le poids du critère relativement au critère père. La valeur « globale » du poids d'un critère en bout d'arbre est le produit de tous les poids aboutissant à ce critère.

Initialement, Saaty avait proposé une méthode basée sur les valeurs propres λ de la matrice des jugements. Ainsi, il avait montré que la valeur propre maximale λ_m du problème de recherche des valeurs propres $\left(\det\left(A-\lambda I_d\right)=0\right)$ était réelle, et supérieure à la taille de la matrice. Puis, en résolvant le système $AV=\lambda_m\ I_d\ V$ (V étant un vecteur propre de A), et en ajoutant la condition que la somme des poids doit être égale à 1 ; il en tirait les mêmes valeurs des poids que celles obtenues par la technique précédente. La cohérence des résultats doit également être vérifiée. Pour chacune des matrices d'évaluation A, on peut calculer un indice de cohérence. Pour une matrice donnée, on retient sa valeur propre maximale λ_m. L'Indice de Cohérence CI d'une matrice $n\times n$ est : $CI=\dfrac{\lambda_m-n}{n-1}$. Le Ratio de Cohérence est ensuite calculé en utilisant la formule $CR=\dfrac{CI}{IA}$, où IA est un indice de cohérence obtenu par un grand nombre de simulations. On va maintenant déterminer le poids à accorder à une action. Pour

cela, on va considérer un critère en bout d'arbre, et faire des comparaisons, entre toutes les actions, du point de vue de ce critère. On peut ensuite attribuer une note globale à chaque action, en calculant la moyenne pondérée des notes obtenues par les actions. Il ne reste plus qu'à ranger ces notes pour obtenir un classement final des actions.

Pour résumer les étapes à suivre de la méthode AHP on peut citer les étapes suivantes :

- Étape 1 : Décomposer le problème complexe en une structure hiérarchique
- Étape 2 : Effectuer les combinaisons binaires
- Étape 3 : Déterminer les priorités
- Étape 4 : Synthétiser les priorités
- Étape 5 : Cohérence des jugements

Pour la première étape : décomposer le problème complexe en une structure hiérarchique **:**

- Définir l'objectif cible (niveau 0)
- Définir les critères de décision ou d'analyse (niveau 1)
- Définir les caractéristiques des critères, chacun à son tour, ou l'ensemble d'options sous étude (niveau 2). Le dernier niveau de la hiérarchie comprendra les différentes solutions alternatives, choisies préalablement.
- Saaty recommande de limiter le nombre de critères ou alternatives pertinentes à 7 au plus.
- Une analyse fonctionnelle du projet à évaluer, tel que préconisée dans le plan de travail de la méthode de l'Analyse de la valeur peut s'avérer très utile pour identifier les critères d'évaluation à insérer dans la structure hiérarchique.

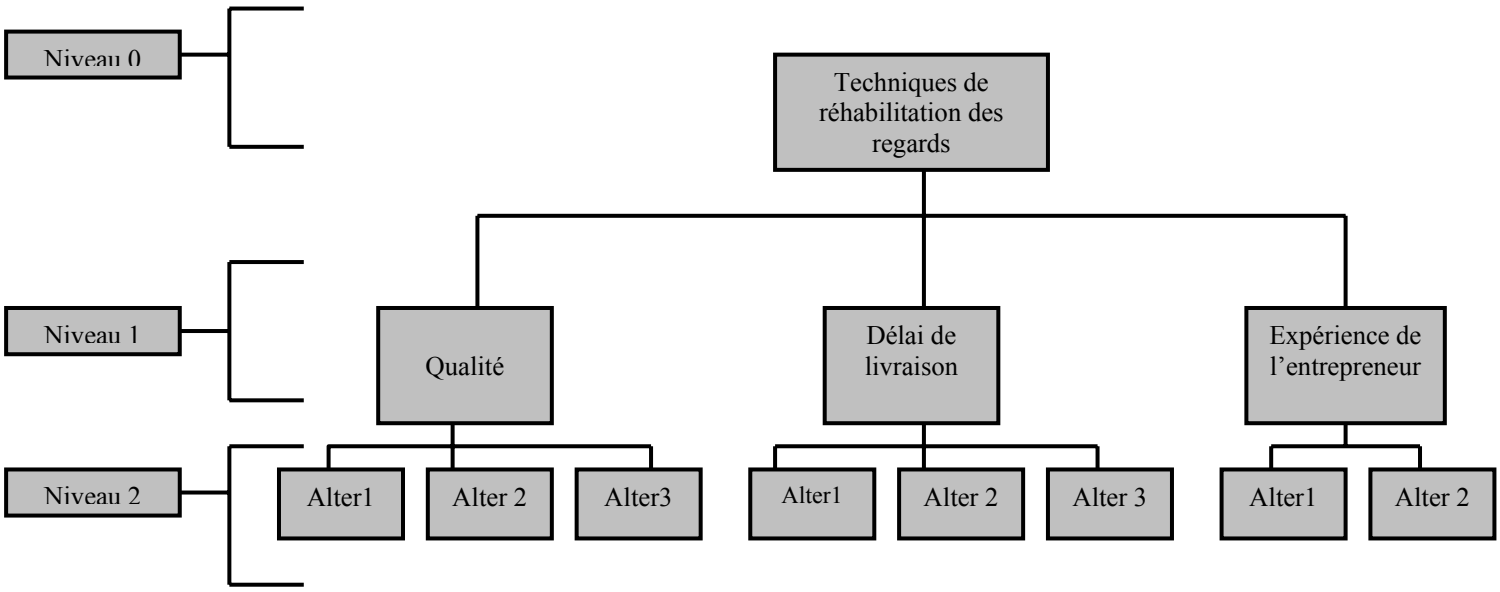


Figure 21: Exemple de niveaux hiérarchiques

Etape2 : effectuer des combinaisons binaires :

- Comparer l'importance relative de tous les éléments appartenant à un même niveau de la hiérarchie pris deux par deux, par rapport à l'élément du niveau immédiatement supérieur.
- Configurer une matrice carrée réciproque formée par les évaluations des rapports des poids$(K \times K)$, K étant le nombre d'éléments comparés. On obtient de cette façon :

$$a = a_{ij} \text{ avec } a_{jj} = 1 \text{ et } a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \text{ (valeur réciproque)}$$

Les valeurs a_{ij} sont déterminées à l'aide de l'échelle suivante :

Echelle numérique	Echelle verbale
1	Importance égale des deux éléments
3	Un élément est un peu plus important que l'autre
5	Un élément est plus important que l'autre
7	Un élément est beaucoup plus important que l'autre
9	Un élément est absolument plus important que l'autre

Tableau 7: L'échelle de Saaty

Etape3 : Déterminer les priorités

- Calculer l'importance relative de chacun des éléments de la hiérarchie à partir des évaluations obtenues à l'étape précédente
- La détermination des priorités des éléments de chaque matrice se fait par la résolution du problème de vecteurs propre
- L'importance relative des différents critères est exprimée par les valeurs du vecteur propre normalisé à 1.0 Plus grande est cette valeur et plus important est le critère correspondant.

Etape4 : synthétiser les priorités

Etape5 : la cohérence des jugements

Les réponses obtenues présentent souvent un certain degré d'incohérence. AHP n'exige pas que les jugements soient cohérents ni transitifs, par contre Saaty a défini un indice de cohérence (IC). Plus l'indice de cohérence devient grand et plus les jugements de l'utilisateur sont incohérents et vice versa. IC est ensuite comparé à des valeurs critiques obtenues par simulation**.** Saaty a défini, par expérimentation, un ratio de cohérence comme le rapport de l'indice de cohérence calculé sur la matrice correspondant aux jugements du décideur et de l'indice aléatoire (IA) d'une matrice de même dimension.

N = nombre de critères	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IA	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

Tableau 8: Détermination de l'Indice Aléatoire

Le ratio de cohérence est donné par la formule suivante :

RC=IC / IA,

RC : est le ratio de cohérence ;

IA : est un indice aléatoire ;

IC : est l'indice de cohérence**.**

Le ratio de cohérence peut être interprété comme la probabilité que la matrice soit complétée aléatoirement. La cohérence globale d'appréciation est évaluée au moyen de ce ratio de cohérence RC. Toujours selon Saaty, la valeur de ce dernier doit être au plus égale à 10%. Dans le cas où cette valeur dépasse 10%, les appréciations peuvent exiger certaines révisions.

Le travail suivant consiste à appliquer la comparaison binaire entre les différents niveaux du diagramme en arbre. C'est pourquoi nous proposons l'application de la méthode AHP (Analytic Hierarchy Process).

Les décideurs, ont plus de confiance d'utiliser de donner des intervalles de jugement que des valeurs de jugement fixes. Ce qui explique le fait de mettre les préférences des décideurs qui sont dues à la nature floue des processus de comparaison. La logique floue (Zadeh, 65) a permis d'élargir la portée de la décision multicritère en la rapprochant d'avantage du raisonnement humain. Le concept d'objectifs ou contraintes flous introduit par (Bellman et Zadeh, 70) dans le domaine de la décision multicritère a ouvert une voie totalement nouvelle pour des techniques de résolution de problèmes à critères multiples. Le floue ou le vague a pour origine l'ambiguïté et le vague que comporte tout langage humain. Les caractéristiques générales de la logique floue sont les suivantes telles que définies par Zadeh (1978) et Bouchon (1993) :

- Le raisonnement exact est un cas limite du raisonnement flou;
- L'appartenance d'un élément à un ensemble n'est pas nécessairement binaire (oui/non), mais il prend des valeurs dans un continuum, en générale l'intervalle réel [0, 1].
- Tout système logique peut être traité par le flou.

- Le savoir est interprété comme une collection de contraintes floues sur une collection de variables.
- L'inférence est considérée comme un processus de propagation de contraintes floues.

Par ce que faire une comparaison binaire entre deux variables en utilisant une échelle linguistique est une opération cognitive complexe ;

Par ce que la façon d'exprimer la comparaison est celle des mots ;

Par ce que le langage est nécessairement imprécis et vague ;

Nous avons choisis d'utiliser la logique floue et les outils de la théorie des ensembles flous pour modéliser la comparaison binaire entre les critères par la méthode AHP.

III.1 Les ensembles flous

La notation des ensembles flous a été introduite par Lotfi A. Zadeh (1965) (Zadeh, 1965; Zadeh, 1975). Un ensemble flou est un ensemble de valeurs qui appartiennent à une certaine classe avec une certaine certitude. Par exemple un homme de 1m80 est grand avec une certitude de 80% et moyen avec une certitude de 40%. Ça veut dire qu'il appartient à la classe "hommes grands" avec une certitude de 0.80 et à la classe "hommes moyens" avec une certitude de 0.40. "Homme grand" et "homme moyen" sont des ensembles flous dont les limites dépendent par exemple de l'observateur et du pays concerné.

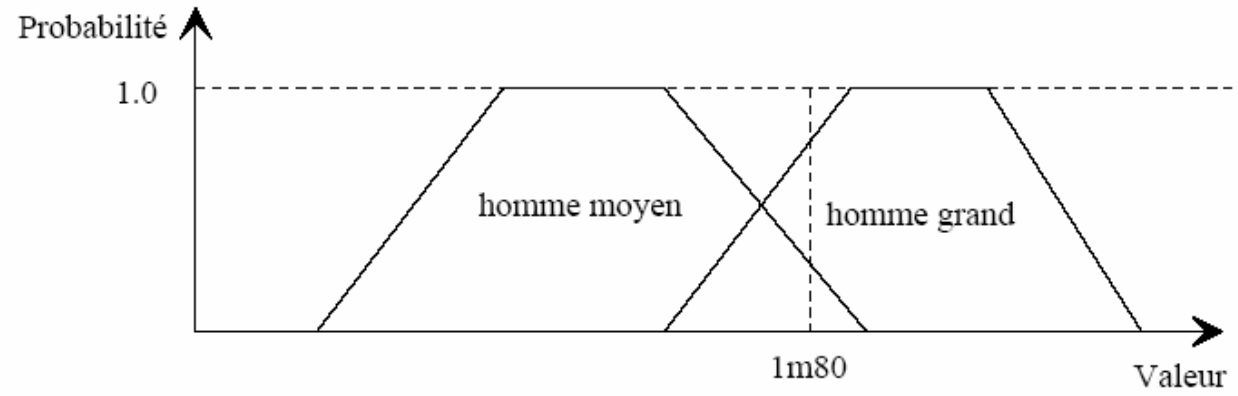


Figure 22: Ensembles flous

Si l'homme pèse 95 kg il est aussi "homme lourd" avec une certitude de 0.9 et "homme moyennement lourd" avec une certitude de 0.15. Est-il alors un "homme fort", un "homme musclé" ou un "homme maigre"? Il est, par exemple, "homme fort" avec une certitude de

0.8, "homme musclé" avec une certitude de 0.5 et "homme maigre" avec une certitude de 0.001. Le calcul logique à effectuer est "homme grand" ET "homme lourd" => "homme fort", aussi bien que "homme moyen" ET "homme lourd" => "homme fort" ainsi que plusieur autres déductions pour "homme musclé" par exemple.

La logique floue est une logique qui permet de propager les coefficients de certitude dans les opérations logiques, comme les opérations ET, OU et NON. Dans l'exemple ci-dessus il faut déjà utiliser les opérations ET et OU pour trouver la certitude que l'homme appartient à la classe "homme fort". La façon de propager les facteurs est souvent d'utiliser le minimum pour l'opération ET et le maximum pour l'opération OU.

III.2 L'AHP floue : état de l'art

Plusieurs auteurs ont utilisé dans leurs recherches, la méthode d'hiérarchie multicritère floue (AHP floue), les premiers travaux de « AHP floue », sont apparus avec Van Laarhoven et Pedrycz (1983) qui ont comparé des ratios flous en décrivant des fonctions d'appartenances triangulaires. Buckley (1985) détermine des priorités des ratios de comparaison dont les fonctions d'appartenance sont des trapèzes. Stam *et al* (1996) explorent comment les techniques d'intelligence artificielle peuvent utiliser ou approximer les classements de préférence dans l'AHP. Ils ont conclu que la formulation du réseau neural semble être un outil puissant pour analyser les alternatifs discrète des problèmes de décision multicritère imprécises des classements floue de jugement de préférence. Chang (1996) présente une nouvelle approche à manipuler la méthode AHP floue, en introduisant les nombres flous triangulaires pour la comparaison binaire entre les critères. Ching-Hsue (1997), propose un nouvel algorithme pour l'évaluation des systèmes naval avec L'AHP floue. Weck *et al* (1997) présentent une méthode pour évaluer les différentes alternatives du cycle de production en ajoutant les mathématiques de la logique floue à l'AHP classique. Kahraman *et al* (1998), ont mis une méthode objective et subjective floue pour obtenir des poids avec AHP. Deng (1999) présente une approche floue pour s'attaquer aux problèmes qualitatifs d'analyse multicritère d'une manière simple. Lee *et al* (1999) révisent les idées de base de l'AHP. En se basant sur ces idées ils introduisent le concept d'intervalle de comparaison et proposent une méthodologie basée sur l'optimisation stochastique pour accomplir une cohérence globale et adapter la nature floue du processus de comparaison. Cheng *et al* (1999), proposent une nouvelle méthode d'évaluation des systèmes de l'arme par la méthode d'hiérarchie multicritère basée sur les poids des variables linguistiques. Zhu *et al* (1999), font une

discussion sur l'importance des méthodes d'analyse et les applications de l'AHP floue. Chan et *al* (2000) présentent un algorithme des techniques de sélection pour quantifier les bénéfices tangibles et intangibles dans un environnement flou. Ils décrivent une application de la théorie de la logique floue pour des analyses structurelles et des évaluations économiques. Sheng-Hshiung *et al* (2001), ont appliqué la logique floue pour évaluer la qualité du service des compagnies aériennes. La qualité du service est composée de divers attributs parmi lesquels les attributs intangibles qui sont difficiles à mesurer. Afin de répondre à ce problème les auteurs ont utilisé la théorie de la logique floue pour la mesure de performance. En utilisant la méthode AHP pour obtenir les poids des critères et TOPSIS pour classer. Ils ont trouvé comme résultat que les attributs les plus important à considérer sont, la politesse, la sécurité et le confort. Kuo et Chen (2002) développent un système d'appui de décision pour situer un nouveau magasin. Le premier composé du système proposé est le développement d'une structure hiérarchique du processus analytique flou. Cheng *et al* (2005), implémentent la méthode AHP floue les entrepreneurs télécoms à évaluer et à planifier leur future stratégie. Kahraman *et al*, (2003), présentent quatre approches de groupe de décision multi attribut floue en introduisant l'AHP floue dans le problème de sélection d'emplacement d'installation. Bozdag *et al* (2003) implémentent l'AHP floue pour choisir le meilleur système manufacturier en prenant en compte les facteurs tangibles et intangibles. Ong *et al* (2003), introduisent la méthode AHP floue pour attribuer les poids aux critères et refléter leurs importances fonctionnelles du système de conception. Kahraman *et al* (2004), implémentent l'AHP floue pour comparer les entreprises de restauration par la satisfaction des consommateurs. L'étude de Bozbura *et al* (2005) définit une méthodologie pour améliorer la qualité de prioriser des indicateurs de dimension du Capital Humain en utilisant la méthode d'hiérarchie multicritère floue (AHP floue). Dans le modèle les auteurs ont utilisé cinq attributs; le talent, l'intégration stratégique, la pertinence culturelle, la gérance de savoir et la direction ; leurs semi attributs, et 20 indicateurs. Le modèle proposé peut être utilisé, selon les auteurs, dans n'importe quel pays. Cependant, les résultats de l'exemple numérique reflètent la situation du Capital Humain en Turquie, Les résultats de l'étude indiquent que « création en utilisant le savoir », « classe technique des employés », « partage du savoir », « succès du programme de formation » sont les quatre plus importants indicateurs de mesure du capital humain en Turquie.

III.3 L'AHP floue : procédure de mise en œuvre

– Représentation floue d'une comparaison binaire :

Dans ce travail, nous utilisons les nombres flous triangulaires pour représenter les comparaisons subjectives binaires des inducteurs dans le but de minimiser le vague.

Un nombre flou est tel que $F = \left\{ X, \mu_{F(X)}, X \in R \right\}$, avec X prend sa valeur dans R, $-\infty \leq x \leq +\infty$ et $\mu_{F(X)} \in [0,1]$.

Un nombre flou est noté M = (a, b, c). Avec $a \leq b \leq c$, les fonctions d'appartenance triangulaire :

$$\mu_{F(X)} = \begin{cases} 0 & x < a \\ \dfrac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ \dfrac{c_x}{c-b} & b \leq x \leq c \\ 0 & x > c \end{cases}$$

En définissant l'intervalle de confiance de niveau α, c'est l'intervalle dont lequel on peut avoir plus de confiance, un nombre flou triangulaire est caractérisé comme suit :

$\forall\ \alpha \in [0,1]$

$$\tilde{M}_\alpha = \left[a^\alpha, c^\alpha \right] = \left[(b-a)\alpha + a, \quad -(c-b)\alpha + c \right]$$

La procédure de l'AHP floue est présentée comme suit (Kwong and Bai, 2002)

- Etape n°1 Comparer les scores de performances en utilisant les nombres flous triangulaires $\left(\tilde{1},\ \tilde{3},\ \tilde{5},\ \tilde{7},\ \tilde{9} \right)$
- Etape n°2: Construire la matrice de comparaison floue $\tilde{A}\left(a_{ij} \right)$ sous la forme suivante

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Avec $\tilde{a}_{ij} = \begin{cases} 1 & i = j \\ \tilde{1},\ \tilde{3},\ \tilde{5},\ \tilde{7},\ \tilde{9} \quad ou \quad \tilde{1}^{-1}, \tilde{3}^{-1}, \tilde{5}^{-1}, \tilde{7}^{-1}, \tilde{9}^{-1} & i \neq j \end{cases}$

- Etape n° 3: chercher les valeurs propres. Une valeur propre λ est un nombre flou trouver à partir de $\tilde{A}\tilde{x} = \tilde{\lambda}\tilde{x}$ (1)

Avec $\tilde{A}$ est matrice floue, de dimension $n \times n$, contenant des nombres flous $\tilde{a}_{ij}$ et $\tilde{x}$ est un vecteur propre qui contient des nombres flous $\tilde{x}_i$

En se référant au coupe α, l'équation 1 est équivalente à :

$$\left[a_{i1l}^{\alpha}\ x_{1l}^{\alpha}, a_{i1u}^{\alpha}\ x_{1u}^{\alpha}\right] + \ldots + \left[a_{inl}^{\alpha}\ x_{nl}^{\alpha}\right] = \left[\lambda x_{il}^{\alpha}, \lambda x_{iu}^{\alpha}\right]$$

Avec $\tilde{A} = \left[\tilde{a}_{ij}\right]$, $\tilde{x} = \left(\tilde{x}_1, \ldots, \tilde{x}_n\right)$

$$\tilde{a}_{ij}^{\alpha} = \left[\tilde{a}_{ijl}^{\alpha}, \tilde{a}_{iju}^{\alpha}\right], \quad \tilde{x}_i^{\alpha} = \left[x_{il}^{\alpha}, x_{iu}^{\alpha}\right], \quad \tilde{\lambda}^{\alpha} = \left[\lambda_l^{\alpha}, \lambda_u^{\alpha}\right] \qquad (2)$$

Pour $0 \le \alpha \le 1$ et pour tout i, j, avec i=1,2,…, n ; j=1,2,…, n.

L'indice d'optimisme μ est une combinaison linéaire convexe (Lee et *al*, 1999) définit comme suit : $\tilde{a}_{ij}^{\alpha} = \mu a_{iju}^{\alpha} + (1-\mu) a_{ijl}^{\alpha} \quad \forall\ \mu \in [0,1]$ (3)

Tant que α est fixée, la matrice suivante est obtenue

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12}^{\alpha} & \ldots & \tilde{a}_{1n}^{\alpha} \\ \tilde{a}_{21}^{\alpha} & 1 & \ldots & \tilde{a}_{2n}^{\alpha} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \tilde{a}_{n1}^{\alpha} & \tilde{a}_{n2}^{\alpha} & \ldots & 1 \end{bmatrix} \qquad (4)$$

Le vecteur propre est calculé en fixant la valeur de μ et en identifiant la valeur propre maximale

- Etape n°4 : déterminer tous les poids

III.4 L'AHP floue : choix des inducteurs de performance

Les matrices de comparaisons binaires sont remplies après des interviews fais avec certains infirmiers du service et avec le directeur financier de l'hôpital (Jlassi *et al*, 2008a)

$$S_1 = MCF_1 = \begin{array}{c} CR_1 \\ CR_2 \end{array} \begin{bmatrix} 1 & \tilde{9} \\ \tilde{9}^{-1} & 1 \end{bmatrix}$$

$$S_2 = MCF_2 = \begin{array}{c} CR_3 \\ CR_4 \end{array} \begin{bmatrix} 1 & \tilde{3} \\ \tilde{3}^{-1} & 1 \end{bmatrix}$$

$$S_3 = MCF_3 = \begin{array}{c} CR_5 \\ CR_6 \\ CR_7 \\ CR_8 \end{array} \begin{bmatrix} 1 & \tilde{1} & \tilde{3} & \tilde{1} \\ \tilde{1} & 1 & \tilde{5} & \tilde{1} \\ \tilde{3}^{-1} & \tilde{5}^{-1} & 1 & \tilde{1} \\ \tilde{1}^{-1} & \tilde{1}^{-1} & \tilde{1}^{-1} & 1 \end{bmatrix}$$

$$S_4 = MCF_4 = \begin{array}{c} CR_9 \\ CR_{10} \end{array} \begin{bmatrix} 1 & \tilde{5}^{-1} \\ \tilde{5} & 1 \end{bmatrix}$$

$$C_1 = MCF_5 = \begin{array}{c} S_1 \\ S_5 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \end{array} \begin{bmatrix} 1 & \tilde{5}^{-1} & \tilde{5}^{-1} & \tilde{5}^{-1} & \tilde{5}^{-1} \\ \tilde{5} & 1 & \tilde{5} & \tilde{7} & \tilde{5} \\ \tilde{5} & \tilde{5}^{-1} & 1 & \tilde{3} & \tilde{5}^{-1} \\ \tilde{5} & \tilde{7}^{-1} & \tilde{3}^{-1} & 1 & 5^{-1} \\ \tilde{5} & \tilde{5} & \tilde{5} & \tilde{5} & 1 \end{bmatrix}$$

$$S_6 = MCF_6 = \begin{array}{c} CR_{12} \\ CR_{13} \end{array} \begin{bmatrix} 1 & \tilde{5} \\ \tilde{5}^{-1} & 1 \end{bmatrix}$$

$$S_7 = MCF_7 = \begin{array}{c} CR_{14} \\ CR_{15} \\ CR_{16} \end{array} \begin{bmatrix} 1 & \tilde{5} & \tilde{5}^{-1} \\ \tilde{5}^{-1} & 1 & \tilde{7}^{-1} \\ \tilde{5} & \tilde{7} & 1 \end{bmatrix}$$

$$C_2 = MCF_8 = \begin{array}{c} S_6 \\ S_7 \end{array} \begin{bmatrix} 1 & \tilde{7}^{-1} \\ 7 & 1 \end{bmatrix}$$

$$G = \begin{array}{c} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{array} \begin{bmatrix} 1 & \tilde{7}^{-1} & \tilde{5}^{-1} \\ \tilde{7} & 1 & \tilde{5} \\ \tilde{5} & \tilde{5}^{-1} & 1 \end{bmatrix}$$

Les limites inférieures et supérieures des nombres flous en respectant la valeur de α sont définies à partir de l'équation (2)

$$\tilde{1}_\alpha = [1,\ 3-2\alpha]$$

$$\tilde{3}_\alpha = [1+2\alpha, 5-2\alpha] \qquad \tilde{3}_\alpha^{-1} = \left[\frac{1}{5-2\alpha},\ \frac{1}{1+2\alpha}\right]$$

$$\tilde{5}_\alpha = [3+2\alpha,\ 7-2\alpha] \qquad \tilde{5}_\alpha^{-1} = \left[\frac{1}{7-2\alpha},\ \frac{1}{3+2\alpha}\right]$$

$$\tilde{7}_\alpha = [5+2\alpha,\ 9-2\alpha] \qquad \tilde{7}_\alpha^{-1} = \left[\frac{1}{9-2\alpha},\ \frac{1}{5+2\alpha}\right]$$

$$\tilde{9}_\alpha = [7+2\alpha,\ 11-2\alpha] \qquad \tilde{9}_\alpha^{-1} = \left[\frac{1}{11-2\alpha},\ \frac{1}{7+2\alpha}\right]$$

Pour $\alpha = 0,5$ et $\mu = 0,5$ toutes les matrices de comparaisons floues sont les suivantes:

$$S_1 = MCF_1 = \begin{array}{c} CR_1 \\ CR_2 \end{array} \begin{bmatrix} 1 & [8 \quad 10] \\ [1/10 \quad 1/8] & 1 \end{bmatrix}$$

$$S_2 = MCF_2 = \begin{array}{c} CR_3 \\ CR_4 \end{array} \begin{bmatrix} 1 & [2 \quad 4] \\ [1/4 \quad 1/2] & 1 \end{bmatrix}$$

$$S_3 = MCF_3 = \begin{array}{c} CR_5 \\ CR_6 \\ CR_7 \\ CR_8 \end{array} \begin{bmatrix} 1 & [1 \quad 2] & [2 \quad 4] & [1 \quad 2] \\ [1/2 \quad 1] & 1 & [4 \quad 6] & [1 \quad 2] \\ [1/4 \quad 1/2] & [1/6 \quad 1/4] & 1 & [1 \quad 2] \\ [1/2 \quad 1] & [1/2 \quad 1] & [1/2 \quad 1] & 1 \end{bmatrix}$$

$$S_4 = MCF_4 = \begin{array}{c} CR_9 \\ CR_{10} \end{array} \begin{bmatrix} 1 & [1/6 \quad 1/4] \\ [4 \quad 6] & 1 \end{bmatrix}$$

$$C_1 = MCF_5 = \begin{array}{c} S_1 \\ S_5 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \end{array} \begin{bmatrix} 1 & [1/6 \quad 1/4] & [1/6 \quad 1/4] & [1/6 \quad 1/4] & [1/6 \quad 1/4] \\ [4 \quad 6] & 1 & [4 \quad 6] & [6 \quad 8] & [1/6 \quad 1/4] \\ [4 \quad 6] & [1/6 \quad 1/4] & 1 & [2 \quad 4] & [1/6 \quad 1/4] \\ [4 \quad 6] & [1/8 \quad 1/6] & [1/4 \quad 1/2] & 1 & [1/6 \quad 1/4] \\ [4 \quad 6] & [4 \quad 6] & [4 \quad 6] & [4 \quad 6] & 1 \end{bmatrix}$$

$$S_6 = MCF_6 = \begin{array}{c} CR_{12} \\ CR_{13} \end{array} \begin{bmatrix} 1 & [4 \quad 6] \\ [1/6 \quad 1/4] & 1 \end{bmatrix}$$

$$S_7 = FCM_7 = \begin{array}{c} CR_{14} \\ CR_{15} \\ CR_{16} \end{array} \begin{bmatrix} 1 & [4 \quad 6] & [1/6 \quad 1/4] \\ [1/6 \quad 1/4] & 1 & [1/8 \quad 1/6] \\ [4 \quad 6] & [6 \quad 8] & 1 \end{bmatrix}$$

$$C_2 = FCM_8 = \begin{array}{c} S_6 \\ S_7 \end{array} \begin{bmatrix} 1 & [1/8 \quad 1/6] \\ [6 \quad 8] & 1 \end{bmatrix}$$

$$G = FCM_9 = \begin{array}{c} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{array} \begin{bmatrix} 1 & [1/8 \quad 1/6] & [1/6 \quad 1/4] \\ [6 \quad 8] & 1 & [4 \quad 6] \\ [4 \quad 6] & [1/6 \quad 1/4] & 1 \end{bmatrix}$$

En utilisant l'équation 3 et le MATLAB on obtient les vecteurs propres de toutes les matrices de comparaison. En effet, MATLAB (MATrix LABoratory) a été développé pour faciliter les calculs matriciels et l'élément de base est la matrice. Le langage MATLAB est un langage interprété, dit langage de programmation évolué où le programmeur est dispensé de la lourdeur syntaxique des langages classiques. Initialement écrit en FORTRAN, MATLAB est maintenant écrit en C. Aujourd'hui on l'utilise dans des domaines divers et variés comme le traitement de signal, l'imagerie, l'électronique, les commandes de processus,…MATLAB est confronté d'une variété de boites à outils qui s'appliquent à des types de problèmes particuliers (Réseau de neurones, statistiques, contrôle, traitement de signaux, logique floue, analyse financière, optimisation, identification…). Ces boites à outils enrichissent les capacités MATLAB.

En se référant à l'équation n°3, $MCF_5^{0,5}$, par exemple, sera de la forme suivante :

$$C_1 = MCF_5 = \begin{array}{c} S_1 \\ S_5 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \end{array} \begin{bmatrix} 1 & 0,208 & 0,208 & 0,208 & 0,208 \\ 5 & 1 & 5 & 7 & 0,208 \\ 5 & 0,208 & 1 & 3 & 0,208 \\ 5 & 0,145 & 0,375 & 1 & 0,208 \\ 5 & 5 & 5 & 5 & 1 \end{bmatrix}$$

Tant que $MCF_5^{0,5} = A$ les valeurs propres de la matrice A seront obtenues en utilisant l'équation suivante $\det\left(A - \lambda I\right) = 0$

La valeur la plus grande de λ_i est $\lambda_1 = 6,0848$ (voir annexe A), les vecteurs propres de A sont obtenus en utilisant l'équation $AX = \lambda X$

$X_1 = \left(0,0672, \quad 0,4706, \quad 0,1959, \quad 0,1287, \quad 0,8480\right)$ (voir annexe A)

Après la normalisation les poids d'importance des sous catégories des besoins des patients S_1, S_5, S_2, S_3, S_4 peuvent être déterminés.

$$C = \left[W_{S1} \quad W_{S5} \quad W_{S2} \quad W_{S3} \quad W_{S4}\right] = \left[0,0392 \quad 0,2751 \quad 0,11453 \quad 0,07524 \quad 0,4957\right]$$

En appliquant la même démarche nous avons obtenu les poids d'importance suivants :

$W_{C1} = 0,0675;\quad W_{C2} = 0,7124;\quad W_{C3} = 0,2200 = W_{S8}$
$W_{S1} = 0,0392;\quad W_{S2} = 0,1145;\quad W_{S3} = 0,0752;\quad W_{S4} = 0,4957$
$W_{S5} = 0,2751 = W_{CR11};\quad W_{S6} = 0,1258;\quad W_{S7} = 0,8741$
$W_{CR1} = 0,8994;\quad W_{CR2} = 0,1005;\quad W_{CR3} = 0,7388;\quad W_{CR4} = 0,2611$
$W_{CR5} = 0,3425;\quad W_{CR6} = 0,3450;\quad W_{CR7} = 0,1346;\quad W_{CR8} = 0,1778$
$W_{CR9} = 0,1693;\quad W_{CR10} = 0,8306;\quad W_{CR12} = 0,8306;\quad W_{CR13} = 0,1693$
$W_{CR14} = 0,2200;\quad W_{CR15} = 0,0675;\quad W_{CR16} = 0,7124$

L'application de l'AHP floue a montré que pour atteindre l'objectif fixé, il est important d'ajouter en cas de besoin des médecins (Jlassi *et al*, 2008a). Pour cette raison, nous proposons, dans ce qui suit, de refaire le modèle de simulation en faisant varier le nombre de médecins.

IV. EVALUATION DES PERFORMANCES DU PROCESSUS EN CAS DE VARIATION DES PARAMETRES

Nous allons essayer d'évaluer les performances du processus en se basant sur les indicateurs cités dans le chapitre précédent en cas de changement de certains paramètres, tels que : le nombre de médecin. En se basant sur une enquête et des interviews effectués avec le personnel constituant le service, il a été conclu que le principal souci des responsables du service d'urgence étudié est d'augmenter le nombre des patients traités ce qui revient à diminuer le temps de passage des patients et l'encours. Voici dans ce qui suit les résultats de quelques variations appliquées sur le modèle Witness du départ. (Jlassi *et al*, 2007b) (Jlassi *et al*, 2007c)

Le tableau suivant représente les résultats de simulation dans le cas d'ajout d'un autre médecin spécialiste.

			Tâche administrative	Médecin (Généraliste ou orthopédie) 1er passage	Médecin (Généraliste ou orthopédie) 2eme passage	Spécialiste	*Analyse*	Radiologie
Nbre patients entrés	1 sem	384						
	25 sem	3746						

Nbre patients traités	1 sem	262	383	378	223	35	148	236
	25 sem	2821	3745	3744	2198	547	1520	2307
En cours du traitement	1 sem	122						
	25 sem	925						
% Occupation tâche	1 sem		100	95.10	98.40	97.45	81.21	18.32
	25 sem		0	96.16	99.84	99.74	82.02	18
% Disponibilité tâche	1 sem		100	4.90	1.60	2.55	18.79	81.68
	25 sem		0	43.81	0.16	0.26	17.98	82

Tableau 9: Résultat de la simulation en cas d'ajout d'un médecin spécialiste

Nous constatons une augmentation du nombre de patients traités par le service en question. Chose qui nous paraît logique puisque un deuxième spécialiste va prendre en charge des patients en plus du nombre habituellement traité si ce n'est pas le même nombre, et par conséquent réduire le nombre de patients en attente en amont du passage par le médecin spécialiste. Une réduction de 26% et 49% des clients en attente (en stock) pour les deux durées de 10000 et 100000 minutes respectivement.

Le tableau suivant représente les résultats de simulation dans le cas d'ajout d'un autre médecin généraliste au premier passage des patients.

			Tâche administrative	Médecin (Généraliste ou orthopédie) 1er passage	Médecin (Généraliste ou orthopédie) 2eme passage	Spécialiste	Analyse	Radiologie
Nbre patients entrés	1 sem	384						
	25 sem	3746						
Nbre patients traités	1 sem	256	383	381	223	19	144	232
	25 sem	2567	3745	3744	2198	268	1522	2278
En cours du traitement	1 sem	128						
	25 sem	1179						
% Occupation tâche	1 sem		100	48.47	98.15	98.65	78.53	17.72
	25 sem		0	48.28	99.81	99.86	82.14	17.77
% Disponibilité tâche	1 sem		100	51.52	1.85	35	21.47	82.28
	25 sem		0	51.72	0.19	0.14	17.86	82.23

Tableau 10: Résultat de la simulation: cas d'ajout d'un médecin généraliste au premier passage

Nous constatons que l'ajout d'un médecin au premier passage des patients n'a pas d'impact significatif sur la performance du processus puisque le nombre de patient traité reste pratiquement inchangé. Par contre, une augmentation significative de la disponibilité des médecins du premier passage est constatée. Cela, nous permettra de proposer de faire intervenir les mêmes médecins au niveau du deuxième passage. D'où l'idée d'ajouter un nouveau médecin au niveau du deuxième passage est souhaitée.

Le tableau suivant représente les résultats de simulation dans le cas d'ajout d'un autre médecin généraliste au deuxième passage des patients.

			Tâche administrative	Médecin (Généraliste ou orthopédie) 1er passage	Médecin (Généraliste ou orthopédie) 2eme passage	Spécialiste	Analyse	Radiologie
Nbre patients entrés	1 sem	384						
	25 sem	3747						
Nbre patients traités	1 sem	271	384	378	269	19	148	236
	25 sem	2830	3745	3744	2641	268	1520	2307
En cours du traitement	1 sem	113						
	25 sem	916						
% Occupation tâche	1 sem		100	95.10	65.1	98.65	81.22	18.32
	25 sem		100	96.19	70.15	99.86	82.02	18
% Disponibilité tâche	1 sem		0	4.90	34.9	1.35	18.78	81.68
	25 sem		0	3.81	39.85	0.14	17.98	820

Tableau 11: Résultat de la simulation en cas d'ajout d'un médecin généraliste au deuxième passage

Nous remarquons une augmentation significative du nombre de patients traités, ce qui engendre une réduction du temps de passage des patients et une disponibilité plus importantes des médecins au deuxième passage qui engendre un passage direct des patients venant des tâches précédentes : cela veut dire un temps d'attente qui est nul. Par conséquent, le nombre de patients en attente d'un spécialiste a considérablement augmenté (Une augmentation de 33% et 27% des clients en attente pour les deux durées de 10000 et 100000 minutes respectivement).

En se référant au diagramme en arbre, nous remarquons que les responsables du service ont proposé de choisir entre l'ajout de l'un de ces médecins :

- Un médecin de la santé publique formé ;
- Un assistant spécialiste en chirurgie générale ;
- Un spécialiste en orthopédie ;
- Un médecin généraliste.

Les résultats de l'AHP floue, ont montré qu'il est préférable d'ajouter un médecin spécialiste (W_{S8}= 0.8741) et plus précisément un spécialiste en chirurgie générale (W_{CR16}= 0.7124). Par ailleurs, le choix entre ces médecins et ces actions se base sur certains critères comme le coût, le nombre d'exploration demandé c'est-à-dire le nombre de fois de passage à faire analyse et / ou radiologie et le nombre de fois de demande de l'avis d'un autre spécialiste. De ce fait nous proposons dans ce qui suit d'appliquer une autre méthode d'aide à la décision multicritère : la méthode PROMETHEE.

V. LA METHODE PROMETHEE : CHOIX DES ACTIONS D'AMELIORATION

La méthode PROMETHEE est une méthode développée au départ par Brans (1982) ensuite par Brans et Vincke (1985) et Brans et Mareschal (1994). C'est une méthode de classement relativement simple qui est intelligible pour le preneur de la décision et est acceptée comme une des méthodes d'aide à la décision les plus intuitives (Pomerol *et al*, 2000). L'approche PROMETHEE est basée sur une extension de la notion de critère à travers l'introduction de la fonction Ω, celle qui exprime la préférence du décideur d'une alternative par rapport à une autre. Pour un critère j à maximiser et deux alternatives α et β, l'évaluation de l'alternative α selon le critère j, peut être définie comme $C_j(\alpha)$, et la différence de l'évaluation comme d_j (Pomerol *et al*, 2000). En d'autres termes

$$d_j = C_j(\alpha) - C_j(\beta) \qquad (1)$$

La fonction d'évaluation $\Omega \in [0, 1]$. Deux seuils de valeurs q comme seuil d'indifférence et p comme seuil de préférence strict sont définis. Donc la fonction Ω peut être présentée comme suit :

$$\Omega_j(\alpha, \beta) = \Omega_j(d_j) = \begin{cases} 0 & si\ d_j < q \\ H_j(d_j) & si\ q \le d_j \le p \\ 1 & si\ d_j > p \end{cases} \qquad (2)$$

Avec H_j peut prendre la forme de l'une des six fonctions définies par Brans (1982). L'indice de préférence $C(\alpha, \beta)$ peut être calculé comme suit :

$$C(\alpha, \beta) = \sum W_j \, \Omega_j(\alpha, \beta) \qquad (3)$$

Avec W_j représente le poids d'importance du critère j. Pour l'application de la méthode PROMETHEE, les poids d'importance doivent être strictement positif et normalisés. L'étape suivante consiste à calculer les flux de l'alternative α. Les flux d'entrée sont calculés de la manière suivante :

$$\varphi^{+}(\alpha) = \sum_{x \in A} C(\alpha, x) \qquad (4)$$

Les flux de sortie

$$\varphi^{-}(\alpha) = \sum_{x \in A} C(x, \alpha) \qquad (5)$$

Dans certains cas, les nombres exacts ne peuvent pas être assez clairs pour interpréter les données utilisées dans la méthode PROMETHEE. Les nombres flous et la théorie des ensembles flous fournissent une structure strictement mathématique dans laquelle les phénomènes conceptuels vagues peuvent être étudiés précisément et rigoureusement. (Zimmermann, 1996). Nous allons suivre la notation introduite par Dubois et Prade (1978), d'après laquelle un nombre flou peut être présenté sous la forme suivante: $x = (m, a, b)_{LR}$. La variable x appartient à l'ensemble flou, sa fonction d'appartenance f(x) prend la valeur 1. Les valeurs qui sont inférieures à (m - a) et supérieures à (m + b) n'appartiennent pas à l'ensemble. Pour les valeurs qui appartiennent à l'intervalle $[m - a < x < m + b]$ leurs degrés de fonctions d'appartenance varient entre 0 et 1. Les lettres L et R sont les fonctions qui indiquent le changement de f(x) à droite et à gauche de m, respectivement. Suivant cette notation un nombre flou x= (2, 0.5, 0.5) peut être présenté comme suit :

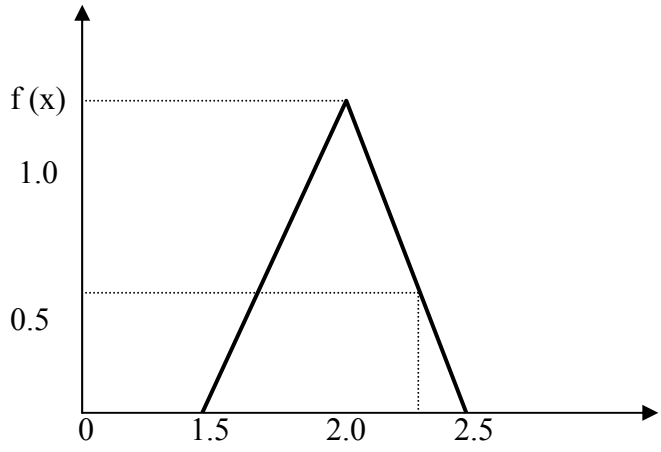


Figure 23: Présentation du nombre flou X= (2, 0.5, 0.5)

La méthode PROMETHEE floue est une combinaison de la méthode PROMETHEE et des nombres flous. L'intégration de la logique floue et de la méthode PROMETHEE a été proposée au départ par Le Téno et Mareschal (1998). Cette suggestion a été développée en outre par Geldermann *et al*. (2000) et Goumas et Lygerou. (2000). Geldermann *et al* (2000) ont proposé l'application de nombres flous triangulaires pour l'interprétation de variables linguistiques, Goumas et Lygerou (2000) ont développé une méthodologie plus facile pour appliquer la méthode PROMETHEE floue.

La méthode PROMTHEE floue a été utilisée par certains auteurs pour évaluer la performance dans le domaine de l'ingénierie hospitalière comme par exemple Ufuk Bilsel *et al* (2006) qui ont présenté un modèle d'évaluation de la qualité pour mesurer la performance des sites web des hôpitaux turcs. Dans la phase d'évaluation, les nombres flous sont utilisés pour prévenir le manque des données d'évaluation précises et vaincre la difficulté d'intégrer des estimations linguistiques dans les modèles analytiques. Le modèle est développé d'après une structure conceptuelle qui se base sur sept dimensions majeures dans la qualité du service électronique, tout en incluant la tangibilité, la précision, la sensibilité, la confiance, l'empathie, la qualité d'information et l'intégration de la communication des sites web.

Dans ce travail, Nous appliquons la méthode PROMETHEE floue comme elle est décrite par Goumas et Lygerou (2000). La méthode PROMETHEE interprète une différence de l'évaluation exprimée comme d_j. Dans notre cas, pour certains critères, nous choisissons une

fonction de préférence linéaire avec des seuils d'indifférence et de préférence strict q et p. la fonction d'évaluation Ω est la suivante

$$\Omega_j(\alpha, \beta) = \Omega_j(d_j) = \begin{cases} 0 & si \quad d_j < q \\ \dfrac{d_j - q}{p - q} & si \quad q \le d_j \le p \\ 1 & si \quad d_j > p \end{cases} \qquad (6)$$

Pour la méthode PROMETHEE floue, les dj seront introduits comme un nombre flou (n, c, d) et la dernière équation devient :

$$\Omega_j(\alpha, \beta) = \Omega_j(d_j) = \begin{cases} 0 & si \quad (n - c) < q \\ \dfrac{(n, c, d) - q}{p - q} & si\ q \le (n - c)\ et\ (n + d \le p) \\ 1 & si\ (n + d) > p \end{cases} \qquad (7)$$

Pour faire les calculs, nous aurons besoin des connaissances de base des opérations avec les nombres flous. Les formules sont présentées dans le tableau ci-dessous (Zimmermann, 1996).

1. Addition	$(m, \alpha, \beta)_{LR} \oplus (n, \gamma, \delta)_{LR} = (m + n,\ \alpha + \gamma, \beta + \delta)_{LR}$
2. Opposition	$(m, \alpha, \beta)_{LR} = (-m, \beta, \alpha)_{LR}$
3. Soustraction	$(m, \alpha, \beta)_{LR} - (n, \gamma, \delta)_{LR} = (m - n, \alpha + \delta, \beta + \gamma)_{LR}$
4. Multiplication par un scalaire	$(m, \alpha, \beta)_{LR} \otimes (n, 0, 0) = (mn, \alpha n, \beta n)$
5. Multiplication par un nombre flou : pour : $m > 0,\ n > 0$	$(m, \alpha, \beta)_{LR} \otimes (n, \gamma, \delta)_{LR} \approx (mn, m\gamma + n\alpha, m\delta + n\beta)_{LR}$
$m < 0,\ n > 0$	$(m, \alpha, \beta)_{LR} \otimes (\ddot{}n, \gamma, \delta)_{LR} \approx (mn, n\alpha - m\alpha, n\beta - m\gamma)_{LR}$
$m < 0, n < 0$	$(m, \alpha, \beta)_{LR} \otimes (n, \gamma, \delta)_{LR} \approx (mn, -n\beta - m\delta, n\alpha - m\gamma)_{LR}$

Tableau 12: Les opérations de base de la logique floue (Zimmermann, 1996)

A la fin des calculs, les nombres flous seront obtenus. Pour dériver une solution, ces nombres doivent être classifiés par le moyen de comparaison de ces nombres flous. Pour résoudre ce problème de comparaison, Goumas et Lygerou ont suggéré l'utilisation de

l'indice proposé par Yager (1981). Cette méthode permet de calculer la moyenne pondérée d'un nombre flou donné. Par exemple l'indice de Yager d'un nombre flou triangulaire X= (2, 0.5, 0.5) serait le centre du triangle et peut être calculé comme F (m, a, b)= (3m-a+b)/3 et F (2, 0.5, 0.5)= 2. Le nombre flou qui a la plus grande valeur de l'indice de Yager sera considéré plus grand que ceux qui ont de petites valeurs. L'ordre final sera obtenu en calculant φ^{+} , φ^{-} et φ^{net} comme décrit précédemment (voir annexe D).

L'application de la méthode PROMETHEE II Floue a donné l'ordre final suivant (Jlassi et *al*, 2009b):

1. L'ajout d'un spécialiste en chirurgie générale ;
2. L'ajout d'un spécialiste en orthopédie ;
3. L'ajout d'un médecin de la santé publique formé ;
4. L'ajout d'un médecin généraliste.

Les résultats suivants montrent une cohérence avec les résultats obtenus par la méthode AHP floue, donc pour atteindre l'objectif fixé qui est l'augmentation du nombre de patients traités il est préférable d'ajouter en cas de besoin un spécialiste en chirurgie générale.

VI. CONCLUSION

Au cours de ce chapitre, Nous avons déterminé les inducteurs de performances sur lesquels nous pouvons agir tout en utilisant le diagramme en arbre et la méthode AHP floue. Les résultats obtenus ont montré la nécessité d'ajouter soit un généraliste au deuxième passage des patients soit un spécialiste dans le but de minimiser le temps d'attente des patients et donc augmenter le nombre de patients traités. En fin pour choisir quel médecin il faut ajouter, Nous avons appliqué la méthode PROMETHEE floue.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les établissements hospitaliers sont confrontés depuis les deux dernières décades à une mutation imposée par leur tutelle et leurs usagers. Cette mutation devrait les conduire à mettre en place une organisation plus efficiente et les forcer à aller vers une gestion beaucoup plus objective et rigoureuse des ressources. L'objectif est d'apporter au secteur de santé, qui induit des coûts très importants, des gains significatifs en termes d'efficacité et de productivité tout en veillant à l'amélioration de la qualité des soins. Devant cette mutation, les systèmes hospitaliers montrent de plus en plus un besoin d'être assistés par des outils d'aide à la décision afin de mieux rentabiliser leur structure en assurant au patient un service rendu adapté et de qualité, au moindre coût, dans le respect des conditions de travail et de rémunération de l'ensemble des acteurs de l'établissement.

Dans les systèmes actuels de santé, le service des urgences représente un maillon important de la chaîne de prise en charge des patients. Il est bien (trop) souvent le service du premier recours pour beaucoup de souffrances physique ou morale. Il complète aussi le dispositif de soins de santé primaires offert à la population. Son objectif premier est de prendre en charge rapidement et de façon efficace les patients dont l'état de santé nécessite des soins techniques immédiats de type hospitalier. Son usage inapproprié entraîne les conséquences suivantes:

- Des files d'attente importantes avec corrélativement une surcharge de travail administratif et médical;
- Une entrave à l'efficacité de la prise en charge des patients par le détournement de l'attention en raison du nombre important de pseudo urgences;
- Une surveillance insuffisante des patients ainsi qu'un suivi mal assuré;
- Un rapport coût efficacité défavorable;
- Un déficit de satisfaction des usagers.

En Tunisie, l'intérêt est d'autant plus porté sur les services d'accueil d'urgence, qu'une stratégie nationale a été à cet effet mise en place depuis 1998. Le délai de séjour au service d'accueil des urgences (SAU) est l'un des problèmes quotidiens de ces services. Il est source de plaintes du public et entrave la motivation des médecins urgentistes. De ce fait, nous avons cherché, dans cette étude, à minimiser ce délai de séjour et de traitement d'un patient au sein du service d'urgences de l'hôpital Habib Bourguiba Sfax.

Le travail exposé dans cette thèse, organisé en cinq chapitres, s'intéresse à la contribution aux méthodes d'amélioration des performances du service hospitalier d'urgence. Nous avons au fil des pages, présenté dans le cadre de notre étude les principales étapes de la démarche entreprise. Nos investigations se sont orientées vers le Service d'Urgence qui compte parmi les secteurs les plus complexes et les plus coûteux.

Nous avons présenté, dans le premier chapitre, le contexte de l'étude. Cette étude a permis d'identifier les aspects de la performance hospitalière qui sont au nombre de trois : la qualité, le coût et le délai. Or ce dernier critère est le plus significatif, puisqu'il a une influence sur les deux autres critères, d'où le choix de notre problématique.

Nous avons choisi le service d'urgences par le fait que ce service devient le mode d'accès privilégié aux soins hospitaliers. Il représente la porte d'entrée dans un hôpital. Il est le plus touché et le plus sollicité. De ce fait, c'est là que les problèmes sont les plus importants.

Un état de l'art en gestion hospitalière a été présenté au chapitre 2. Il a été mené selon deux principaux thèmes : la gestion par processus et la modélisation et les problèmes traités dans un service d'urgence. Il a permis de mettre en évidence la possibilité d'utiliser et d'adapter des outils du domaine industriel au milieu hospitalier (simulation, modélisation mathématique, techniques de files d'attente, méthodes et techniques de la Recherche Opérationnelle…)

L'évaluation des performances d'un système réel se décompose d'une étape de modélisation permettant de passer du système au modèle et d'une étape d'analyse des performances du modèle. Nous avons commencé dans le troisième chapitre par la modélisation du processus des patients. Le choix de commencer par la modélisation s'explique par le fait qu'elle permet de mieux identifier les dysfonctionnements et problèmes rencontrés. Elle constitue une aide considérable au niveau de la phase d'analyse de l'existant. En effet, nous avons choisi comme méthode de modélisation l'IDEF3x qui est une extension de la méthode IDEF3. Cette dernière est très utilisée, selon Théroude (2002), pour la description des processus.

Dans le chapitre 4, nous avons proposé de passer à l'étape d'analyse par l'utilisation des deux techniques d'évaluation de la performance d'un système la simulation et les réseaux de

files d'attente. Pour Di Mascolo (1990), la simulation est l'outil le plus utilisé car elle permet d'approcher aussi finement que l'on veut la réalité du système à étudier. Cependant, les modèles de simulation sont souvent longs à développer, ils peuvent demander beaucoup de données, et peuvent prendre beaucoup de temps d'exécution. Les réseaux de files d'attente sont plus faciles à mettre en œuvre et à exécuter, et sont généralement plus rapides. Ainsi, les deux approches, simulation et réseaux de files d'attentes, sont complémentaires et interviennent à des stades différents de l'étude d'un système. Les résultats obtenus par les deux techniques sont cohérents, ce qui justifie la nécessité d'ajouter soit un médecin généraliste au niveau du deuxième passage des patients soit un médecin spécialiste puisque ces deux tâches sont les plus occupées et le patient passe plus de temps à attendre.

Dans le dernier chapitre, nous avons proposé de choisir l'inducteur de performance le plus important pour lancer à nouveau le modèle Witness. Nous avons présenté tout d'abord le diagramme en arbre pour identifier tous les inducteurs. Le choix d'utiliser cet outil qualité s'explique par le fait qu'il est utilisé généralement pour un suivi systématique de la meilleure stratégie pour atteindre un objectif. Il s'agit de trouver des solutions pour répondre à la question « comment ? ». Dans notre cas, il s'agit de répondre à la question comment diminuer le délai de traitement d'un patient ? Ou bien comment augmenter le nombre de patients traités par le service ? Ce diagramme était effectué avec l'aide de certains responsables du service et aussi le directeur financier de l'hôpital.

Après l'identification des inducteurs, nous avons proposé d'utiliser la méthode AHP pour en choisir un seul. Cette méthode, développée en 1971 par Thomas Saaty, se distingue par sa façon de déterminer les poids de critères : elle procède par combinaisons binaires de chaque niveau de la hiérarchie par rapport aux éléments du niveau supérieur. Mais vu que faire une comparaison binaire entre deux variables en utilisant une échelle linguistique est une opération cognitive complexe et aussi que le langage est nécessairement imprécis et vague, nous avons choisi d'utiliser la méthode AHP floue. Les résultats ont montré que l'inducteur le plus important est l'ajout d'un médecin. En lançant à nouveau le modèle de simulation, nous avons conclu qu'il est préférable d'ajouter soit un généraliste au niveau du deuxième passage des patients soit un spécialiste.

Les résultats de l'AHP floue ont montré qu'il est préférable d'ajouter un médecin spécialiste et plus précisément un spécialiste en orthopédie. Par ailleurs, le choix entre ces

médecins et ces actions se base sur certains critères comme le coût. De ce fait nous avons proposé d'appliquer la méthode PROMETHEE floue, qui est une méthode facile et compréhensible par l'utilisateur, afin de vérifier les résultats obtenus par la comparaison binaire selon la méthode AHP floue. L'ordre suivant est obtenu :

1. L'ajout d'un spécialiste en chirurgie générale ;
2. L'ajout d'un spécialiste en orthopédie ;
3. L'ajout d'un médecin de la santé publique formé ;
4. L'ajout d'un médecin généraliste.

Au cours de ces travaux de thèse, nous avons démontré que des outils d'analyse et de modélisation issus du domaine manufacturier peuvent être utilisés dans le domaine hospitalier. A l'issue de ce travail, des perspectives de recherches futures peuvent être données à deux niveaux : au niveau des services d'urgences d'une manière générale et au niveau du service d'urgence de l'hôpital Habib Bourguiba Sfax.

Au niveau des services d'urgences qui cherchent à améliorer leur performance par la minimisation du cycle de parcours des patients nous proposons le suivi de la démarche suivante comme présentée par la figure ci-dessous.

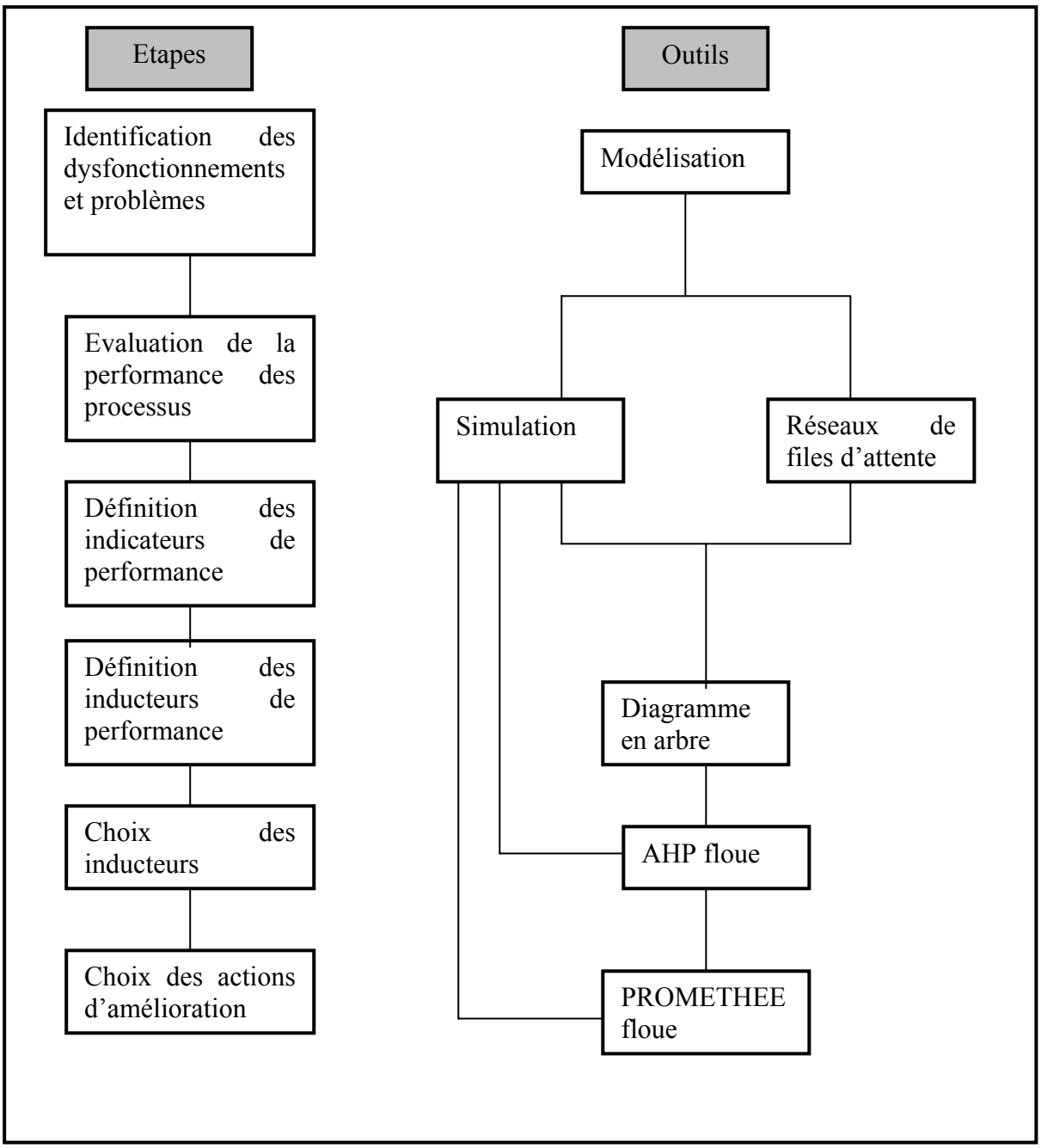


Figure 24: Le modèle proposé pour la minimisation du délai de séjour d'un patient dans un service d'urgences

La figure montre que, pour minimiser le délai de séjour d'un patient, il est important de commencer par la modélisation pour identifier les dysfonctionnements et les problèmes rencontrés. L'étape suivante consiste à évaluer la performance du processus à l'aide de certains indicateurs par l'utilisation des deux techniques complémentaires la simulation et les réseaux de files d'attentes. Pour lancer à nouveau le modèle de simulation en faisant varier certains paramètres, il faut choisir les inducteurs de performance les plus significatifs. Ce choix s'effectue par l'utilisation du diagramme en arbre et la méthode AHP floue. Les

résultats du nouveau modèle de simulation va permettre l'identification des actions d'amélioration. Afin d'aider les responsables à décider et choisir l'action qui permet d'atteindre l'objectif fixé, une autre méthode d'aide à la décision multicritère peut être utilisée, c'est la méthode PROMETHEE floue.

Au niveau du service d'urgences, nous avons étudié jusqu'à présent la performance en nous basant sur l'étude des processus de passage des patients. Un autre aspect, qui peut être abordé, est la planification et l'affectation des ressources au sein du service. Ce problème est d'une grande importance dans un contexte de ressources rares, d'une croissance de la demande de soins, de plus en plus variée et exigeante, et d'une incitation au contrôle des dépenses de santé ainsi qu'à l'amélioration de l'efficacité et de la productivité du secteur hospitalier.

BIBLIOGRAPHIE

[Addouche *et al,* 2005] Addouche, S.A., Dafaoui, E. et El Mhamedi, A**.** (2005). Modélisation des relations entre indicateurs et inducteurs de performance des processus d'entreprise. *4ème conf. Int. sur la Conception et la Production intégrée CPI'2005*, Casablanca, Maroc, Novembre.

[Ailo *et al,* 2003] Aiello, A., Garman, A. et Morris, S.B**.** (2003). Patient Satisfaction With Nursing Care: A Multilivel Analysis. *Manage Health Care*, Vol. 12, No. 3, pp. 187-190.

[Alberto *et al,* 2002] Alberto, D., Pena, PH.D. et Momar, N. (2002). Developing Hospital Efficiency-cost control Measures. *Hospital Manage Asia*

[Alesky *et al,* 2005] Alesksy, B., Chabrol, M., Chauvet, J. et Fenies, P. (2005). Le projet de modélisation et de simulation des flux du nouvel hôpital Estaing : aide a la décision versus management du changement. *6e conférence francophone de modélisation et simulation - mosim'05,* Rabat, Maroc, Avril.

[Ansoff, 1984] Ansoff, H.I. (1984). Implanting Strategic Management, Prentice Hall International (UK). *University Press*, Cambridge, 1984

[Ansoff, 1982] Ansoff, H.I. (1982). The Emerging Paradigm of Strategic Behavior. *Strategic Management Journal*, vol. 8, winter 1982.

[Ansoff, 1965] Ansoff, H.I. (1965). *Corporate Strategy: an Analytic Approach to Business Policy for Growth and Expansion*. McGraw Hill, New-York.

[Arasli *et al,* 2004] Arasli, H. et Ahmadeva, L. (2004). No more tears! A local TQM formula for health promotion. *International Journal of Health Care Quality Assurance*, Vol. 17, N° 3, pp. 135-145.

[Armenakis *et al,* 1993] Armenakis, A.A., Harris, S.G. et Mossholder, K.W. (1993). Creating Readiness for Organizational Change. *Human Relations*, Vol. 46, N°6, pp. 681-703.

[Artiba *et al,* 2004] Artiba, A., Briquet, M., Colin, J., Dontaines, A., Gource, D., Pemptroad, G. et Stock, R. (2004). Réflexions sur le déploiement de la stratégie des établissements de santé. *Acte de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH04*, Mons, Belgique, Septembre.

[Augusto *et al,* 2006] Augusto, V. et Xie, X. (2006). Modélisation et analyse de flux par la simulation en milieu hospitalier: Etat de l'art. *Acte de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH06*, Luxembourg, Septembre.

[Auziol *et al,* 1988] Auziol, E. et Sodini, M. (1988). *Approche méthodologique de l'évaluation d'un centre de prévention – Analyse de situation et démarche d'évaluation appliquées à l'Espace de Prévention des Cancers de Val d'Aurelle*. Mémoire en vue de l'obtention du DEA, Société, communication, nouveaux médias, Octobre.

[Bachman, 1982] Bachman, C. (1982). De la vertu à la nécessité. *Informations sociales*, numéro spécial : *évaluation du travail social, où en est-on ?,* juin, pp. 76-80.

[Baesler *et al,* 2003] Baesler, Jahnsen H.E. et Dacosta, M. (2003). The use of simulation and design of experiments for estimating maximum capacity in an emergency room. *Dans: Proc. of the 2003 Winter Sim. Conf*., pp. 1903-1906.

[Baynat, 2000] Bayanat, B. **(**2000). *Théorie des files d'attente*. Hermès, Paris.

[Beckhard, 1969] Beckhard, R. (1969). *Organization development: strategies and models*. Addison, Wesley.

[Bellman *et al,* 1970] Bellman, R.E. et Zadeh, L.A. (1970). Decision making in a fuzzy environment. *Management Science*, Vol.17, N°4, pp. 141–164.

[Bellou *et al,* 2003] Bellou, A., Korwin, J., Bouget, F., Carpentier, V., Ledory, J., Kopferscmitt, J. et Lambert, H. (2003). La commission d'évaluation de la société francophone de médicine d'urgence ; place des services d'urgences dans la régulation des hospitalisations publiques. *Revue de médecine interne,* Vol. 24.

[Beretz *et al,* 2000] Beretz, L., Gourieux, B. et Goetz, M.L**.** (2000). L'auto-évaluation, outil de pilotage d'une démarche qualité en stérilisation. *Interbloc,* Vol. XIX, N°1, pp. 44-47, Mars.

[Bernoux, 1995] Bernoux, P. (1995). *La sociologie des entreprises*. Le Seuil, Paris, p. 402, Mai.

[Berrah, 2002] Berrah, L. (2002). *L'indicateur de performance : Concepts et Applications*. Cépadues- Editions, Toulouse.

[Berrah, 1997] Berrah. L. (1997). *Une approche d'évaluation de la performance industrielle. Modèle d'indicateur et techniques floues pour un pilotage réactif*. Thèse de Doctorat en Génie Industriel, Institut National Polytechnique de Grenoble, Juillet.

[Besombes *et al,* 2004] Besombes, B. et Merchier, L. (2004). Regroupement des Plateaux Médico- Techniques ; une basée sur la Modélisation d'entreprise à partir de GRAI. *Acte de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH04*, Mons, Belgique, Septembre.

[Bitton, 1990] Bitton, M. (1990). *ECOGRAI : méthode de conception et d'implantation des systèmes de mesure des performances pour organisations industrielles*. Thèse de Doctorat en Automatique, Université de Bordeaux I, Septembre.

[Bleichner *et al,* 1992] Bleichner, G., Manet, P.H. et Holzapfel, L. (1992). Enquête sur les services d'accueil des urgences des Centres Hospitaliers Régionaux Universitaires. *Réan Urg*, N°1, pp. 568-77.

[Bonvoisin *et al,* 2004] Bonvoisin, F., Clemens, A. et Linkens, I. (2004). La réorganisation des activités ambulatoires de gynécologie, d'échographie et de sénologie dans le cadre d'une reconstruction. *Acte de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH04*, Mons, Belgique, Septembre.

[Bordeloup, 1996] Bordeloup, J. (1996). Les agences régionales de l'hospitalisation : clarification ou nouvelles ambiguïtés. *Droit Social*, N° 9/10, pp. 878-887, Septembre-Octobre.

[Bouchon, 1993] Bouchon, M. (1993). La logique floue. *Presses Universitaires de France*, "Que sais je?".

[Bounekkar *et al*, 2004] Bounekkar, A., Bremond, M., Clot, D., Kabachi, N., Lamunre, M. et Robert, D**.** (2004). Analyse des trajectoires patients au sein d'un établissement hospitalier. *Acte de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH04*, Mons, Belgique, Septembre.

[Bozbura *et al*, 2005] Bozbura, F.T. et Beskese, A. (2005). Prioritization of organizational capital measurement indicators using fuzzy AHP. *In Proc. 11th international fuzzy systems association world Congress*, pp. 1756–1760.

[Bozbag *et al*, 2003] Bozdag, C.E., Kahraman, C. et Ruan, D. (2003). Fuzzy group decision making for selection among computer integrated manufacturing systems. *Computers in Industry*, Vol. 51, pp.13–29.

[Brans, 1982] Brans, J.P. (1982). L'ingénierie de la décision: l'élaboration d'instruments d'aide a la décision. *Colloq. D'aide à la décision,* Université Laval, Québec, Canada, Août.

[Brans *et al*, 1985] Brans, J.P. et Vincke. P.H. (1985). PROMETHEE, a new family of outranking methods in MCDM. *Manage. Sci*, Vol.31, N°6, pp. 647–656.

[Brans *et al*, 1994] Brans, J.P. et Mareschal, B. (1994). The PROMCALC and GAIA decision support system for multicrteria decision aid. *Decision Support Systems,* Vol.12, pp.297–310.

[Briquet *et al*, 2004] Briquet, M., Colin, J., Gourc, D. et Pourcel, C. (2004). Organisation d'un système hospitalier par pôles d'activité : Modélisation et identification des problèmes de pilotage. *Acte de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH04*, Mons, Belgique, Septembre.

[Buckley, 1991] Buckley, J.J. (1985). Ranking alternatives using fuzzy numbers, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 15, N°1, pp.21–31

[Carrere-Debat *et al*, 1991] Carrere-Debat, D., Tempelhoff, G. et Holzopfel, L. (1991). Les malades graves dans un service d'urgence, Réan. soins intens. *médecine d'urgence*, Vol.7, N°4, pp.232.

[Centeno *et al*, 2001] Centeno, Lee, M.A., Lopez, E., Fernandez, H.R., Carrillo, M. et Ogazon, T. (2001). A simulation study of the labo rand delivery rooms at JMH. *Dans: Proc. of the 2001 Winter Sim. Conf*., pp. 1392-1400.

[Chaabane *et al*, 2004] Chaabane, S., Guinet, A. et Trilling, L. (2004). Pilotage conjoint de ressources hospitalières humaines et matérielles : un problème d'ordonnancement avec cycles. *Acte de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH04*, Mons, Belgique, Septembre.

[Chan *et al,* 2000] Chan, F.T.S., Chan, M.H. et Tang, N.K.H. (2000). Evaluation methodologies for technology selection. *Journal of Materials Processing Technology*, N°107, pp.330–337.

[Chang, 1996] Chang, D.Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, N°95, pp.649–655.

[Chauvet *et al,* 2006] Chauvet, J., Gourgand, M., Meskens, N. et Tchernev, N. (2006). Modélisation et simulation de la filière des urgences. *Actes de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH06,* Luxembourg, Septembre.

[Chauvet *et al,* 2006] Chauvet, J., Gourgand, M., Meskens, N. et Tchernev, N. (2006). Modélisation et simulation de la filière des urgences» *Actes de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH06*, Luxembourg, Septembre.

[Che Rose *et al,* 2004] Che Rose, R., Uli, J., Abdul, M. et Looing, K. (2004). Hospital service quality: a managerial challenge. *International Journal of Health Care Quality Assurance*, Vol.17, N° 3. pp. 146-159.

[Cheng *et al,* 1999] Cheng, C.H., Yang, K.L. et Hwang, C.L. (1999). Evaluating attack helicopters by AHP based on linguistic variable weight. *European Journal of Operational Research*, N°116, pp.423–443.

[Cheng *et al,* 2005] Cheng, J.Z., Chen, P.T. et Yu, H.C. (2005). Establishing a MAN access strategy for future broadband service: a fuzzy MCDM analysis of SONETH/SDH and Gigabit. Ethernet. *Technovation*, Vol. 25, pp. 557–567.

[Chetaoui *et al,* 2002] Chetaoui. A. et Parat. J.P. (2002). Les urgences dans un hôpital régional Profil épidémiologique et étude de la satisfaction des usagers/patients Service régional des urgences de Kébili – Tunisie. *Arch Public Health*, Vol 60, pp.59-68.

[Ching-Hsue, 1997] Ching-Hsue, C. (1997). Evaluating naval tactical missile systems by fuzzy AHP based on the grade value of membership function. *European Journal of Operational Research*, Vol 96, pp.343–350.

[Chodosas, 2002] Chodosas. M. (2002). *Etude de l'organisation des différents systèmes d'urgence dans cinq pays européens : la France, l'Allemagne, l'Espagne, l'Italie et le Portugal*. Thèse présenté à la Faculté de Médecine Lariboisière- Saint- Louis, soutenue le 31 octobre.

[Claveranne, 2003] Claveranne, J.P. (2003). L'hôpital en chantier : du ménagement au management. *Revue Française de Gestion*, Vol. 29, N° 146.

[Colin *et al,* 2004] Colin, J., Aggoune, R., Briquet, M. et Schaefers, J. (2004). Le patient, un client au centre des flux. *Logistique et management*, numéro spécial 2004 « logistique hospitalière ».

[Combes, 1994] Combes, C. (1994). *Un environnement de modélisation pour les systèmes hospitaliers*. Thèse de doctorat, LIMOS, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand.

[Combes *et al*, 2004] Combes, C., Dussauchoy, A., Chaabane, S., Smolski, N., Viale, J.P. et Souquet, J.C. (2004). Démarche méthodologique d'analyse des données pour la planification des blocs opératoires : une application à un service d'endoscopie. *Actes de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH04*, Mons, Belgique, Septembre.

[Cooke *et al*, 2004] Cooke, M. et Fisher, J**.** (2004). Evidence for change. *Models of emergency care conference*. http://www.nelhec.warwick.ac.uk/Conf03presentations/EvidenceForSolutions.pdf,

[Cooke *et al*, 2002] Cooke, M.W., Wilson, S. et Pearson, S. (2002). The effect of a separate stream for minor injuries on A&E department waiting times. *Emerg Med J*, Vol. 19, N°1, pp.28-30, Jan.

[De Veris *et al*, 1998] De Veris, T. et Beekman, R.E**.** (1998). Applying simple dynamic modelling for decision support in planning regional health care. *European Journal of Operational Research*, Vol. 105, pp. 277-84.

[Dehas *et al*, 2006] Dehas, N., Aissani, J., Adjabi, S. et Abderrahmani, H. (2006). Evaluation des Performances d'un Système de Santé: Cas de l'Hôpital Khellil Amrane (Béjaïa). *Actes de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH 06*, Luxembourg, Septembre.

[Deng, 1999] Deng, H. (1999). Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparison. *International Journal of Approximate Reasoning*, Vol. 21, pp. 215–231.

[Dexter *et al*, 1999] Dexter, F. et Lubarsky, D.A. (1999). Managing with information: Using surgical services information systems to increase operating room utilization. *ASA Newsletter*, Vol 62, pp. 6-8.

[Di Martinelly *et al*, 2005] Di Martinelly, C., Guinet, A. et Riane, F. (2005). Chaîne logistique en milieu hospitalier : modélisation des processus de distribution de la pharmacie. *Congrès international de génie industriel CIGI05,* France, Juin.

[Di Martinelly *et al*, 2004] Di Martinelly, C.H. et Artiba, A. (2004). L'allocation des patients au sein d'une unité de soins : un bref état de l'art. *Actes de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH04*, Mons, Belgique, Septembre.

[Di Mascolo, 1990] Di Mascolo, M**.** (1990). *Modélisation et évaluation de performances de systèmes de production gérés en Kanban*. Thèse doctorat Institut National Polytechnique de Grenoble.

[Dohney *et al*, 1996] Dohney, J.G. et Fraser, J.L. (1996). MOBEDIC m A Decision Modelling Tool for Emergency Situations. *Expert Systems With Applications*, Vol. 10, No° 1, pp. 17-27.

[Donald *et al*, 1970] Donald, L. et Iglehart**.** (1970). Multiple Channel Queues in Heavy Traffic**.** *Advances in Applied Probability*, Vol. 2, No°1, pp. 150-177, Spring. http://links.jstor.org/sici?sici=00018678%28197021%292%3A1%3C150%3AMCQIHT%3E2.0.CO%3B2-5

[Donlad *et al*, 1970] Donald, L. et Iglehart**.** (1970). Multiple Channel Queues in Heavy Traffic: Sequences, Networks, and Batches. *Advances in Applied Probability*, Vol. 2, N° 2, pp. 355-369. Autumn. http://links.jstor.org/sici?sici=00018678%28197023%292%3A2%3C355%3AMCQIHT%3E2.0.CO%3B2-W

[Dreset *et al*, 2004] Dreset, L. et Tacquard, C. (2004). Adaptation réactive de plannings. *Actes de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH04*, Mons, Belgique, Septembre.

[Drogoul, 1993] Drogoul, A. (1993). *De La Simulation Multi-Agent A La Résolution Collective de Problèmes: Une Étude De l'Émergence De Structures D'Organisation Dans Les Systèmes Multi-Agents*. Thèse de Doctorat de L'université Paris VI, Spécialité: INFORMATIQUE, Soutenue le 23 Novembre.

[Dubois *et al*, 1978] Dubois, D. et Prade, H. (1978). Operations on fuzzy numbers. *Int J Syst Sci*, Vol. 9, pp. 613– 626.

[El Mhamedi *et al*, 1997] El Mhamedi, A., Lerch, C. et Sonntag, M. (1997). Modélisation des activités et des processus des systèmes de production : une approche interdisciplinaire. *RAIRO - APII -JESA*, Vol. 31, N°4, pp. 669-693.

[Faure *et al*, 2003] Faure, S., Vermeulun, B. et Wiser, P. (2003). Modélisation et réingénierie des systèmes hospitaliers. *In 1st conférence francophone en Gestion et Ingénierie de Systèmes Hospitaliers GISEH*03, Lyon, Janivier.

[Geldermann *et al*, 2000] Geldermann, J., Spengler, T. et Rentz, O. (2000). Fuzzy outranking for environmental assessment. Case study: Iron and steel making industry. *Fuzzy Set Syst*, Vol. 115, pp. 45– 65.

[Gonzalez *et al*, 1997] Gonzalez Martinez, M., Borges, J.A., Navarro, J. et Rodriguerz, N.J. (1997). An Automatic resource scheduling system. *Computer and Industrial Engineering,* Vol. 33, pp. 259-8.

[Goumas *et al*, 2000] Goumas, M. et Lygerou, V. (2000). An extension of the PROMETHEE method for decision making in fuzzy environment: Ranking of alternative energy exploitation projects. *Eur J Oper Res*, Vol.123, pp. 606– 613.

[Griffiths *et al*, 2005] Griffiths, PM., Edwards, M., Forbes, A et Harris, R. (2005). Post-acute intermediate care in nursing-1ed units: a systematic review of effectiveness. *International Journal of Nursing Studies,* Vol.42, N° 1, pp. 107-116.

[Hadges *et al*, 2003] Hadges. P., Bellou, A., Grandhaye, J.P, Bayad. (2003). Modélisation de la prise en charge des patients du service des urgences, *In 1st conférence francophone en Gestion et Ingénierie de Systèmes Hospitaliers GISEH03*, Lyon, Janvier.

[Hammami *et al*, 2004] Hammami, S., Khraja, S., Hadj Alouane, A., Ladet, P. et Marcon, E. (2004). Approche pour la construction d'un plan directeur flexible d'allocation des plages horaires pour la programmation opératoire. *Actes de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH04*, Mons, Belgique, Septembre.

[Haouala, 1995] Haouala, M. (1995). *Les urgences médicales hospitalisées au CHU Farhat Hached de Sousse en 1994*. Thèse n° 977, Faculté de médecine Sousse.

[Harrison *et al*, 1981] Harrison, M. et Reiman, I.M**.** (1981). Reflected Brownian Motion on an Orthant *The Annals of Probability*, Vol. 9, N° 2, pp. 302-308, April. http://links.jstor.org/sici?sici=00911798%28198104%299%3A2%3C302%3ARBMOAO%3E2.0.CO%3B2-P

[Harzallah, 2000] Harzallah, M**. (**2000). *Modélisation des aspects organisationnels et des compétences pour la réorganisation des entreprises*. Thèse de Doctorat en Automatique et Productique, Université de Metz, Mai.

[Hassan *et al*, 2005] Hassan, T., Baboli, A., Guinet, A., Leboucher, G. et Brandon, M.T. (2005). Etude des méthodes de réorganisation et de gestion de stock des services de soins d'un établissement hospitalier. *Congrès international de génie industriel CIGI05,* France, Juin.

[Huang, 1998] Huang, X.M**.** (1998). Decision making support in reshaping hospital medical services. *Health Care Management Science*, Vol. 1, pp. 165-73.

[Incera, 2001] Incera, D. (2001). *Contributions à la modélisation et à la simulation accélérée de réseaux de communication*. Thèse de doctorat, Université de Rennes I.

[Jebali *et al*, 2004] Jebali, A., Ladet, P. et Hadj Alouane, A. (2004). Planification du bloc opératoire : une approche par processus. *Actes de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH04*, Mons, Belgique, Septembre.

[Jlassi *et al*, 2006] Jlassi. J., El Mhamedi, A. et Chabchoub, H. (2006). Modélisation et analyse du parcours de patient dans le Service d'Urgence : Cas de l'hôpital de Sfax. *Actes de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH06,* Luxembourg, Septembre.

[Jlassi *et al*, 2007a] Jlassi, J., El Mhamedi, A. et Chabchoub, H. (2007). Performance of Emergency Department. *International Conference on Industrial Engineering and Systems Management IESM'07*, Beijing, Chine, May.

[Jlassi *et al*, 2007b] Jlassi, J., Haned, M., El Mhamedi, A. et Chabchoub, H. (2007). La modélisation et simulation des flux de patients d'un service d'urgence. *7e Congrès de Génie Industriel*, Québec, Canada. Juin.

[Jlassi *et al*, 2007c] Jlassi, J., El Mhamedi, A. et Chabchoub, H. (2007). A simulation model of an emergency department. *The Fourth IEEE Conference on Service Systems and Service Management ICSSSM2007*, Chine, June.

[Jlassi *et al*, 2007d] Jlassi, J., El Mhamedi, A. et Chabchoub, H. (2007). Utilité du diagramme en arbre pour la satisfaction des patients: application dans un service d'urgence. *5ème Conférence Internationale Conception et Production Intégrées CPI 2007*, Rabat, Maroc, Octobre.

[Jlassi *et al,* 2008 a] Jlassi, J., El Mhamedi, A. Chabchoub, H. (2008). Application of fuzzy AHP method in measuring and prioritizing perceived value in hospital ERs. Accepted in: *International Journal of Revenue Management's special issue on Revenue Management in Practice: The Execution of Optimal Solutions.*

[Jlassi *et al,* 2008 b] Jlassi, J., El Mhamedi, A. et Chabchoub, H. (2008). Networks of Queues with Multiple Customer Types: application in Emergency Department. *MAS 2008*, Rome, Italy, Août.

[Jlassi *et al,* 2008 c] Jlassi, J., El Mhamedi, A. et Chabchoub, H. (2008). Emergency department performance measures: multi class queuing networks. *MITIP 2008*, Prague, Cheque, November.

[Jlassi *et al,* 2009 a] Jlassi, J., El Mhamedi, A. et Chabchoub, H. (2009). Networks of Queues with Multiple Customer Types: application in Emergency Department. accepted in *International Journal Behavioural and Healthcare Research.*

[Jlassi *et al,* 2009 b] Jlassi, J., El Mhamedi, A. et Chabchoub, H. (2009). The improvement of performance of the emergency department: Application of simulation model and multiple criteria decision making" accepted in the *Journal of Industrial Engineering International.*

[Jlassi *et al,* 2009 c] Jlassi, J., El Mhamedi, A. et Chabchoub, H. (2009). Evaluation de la performance d'un service d'urgence : simulation et réseaux de files d'attente. *Logistique et Transport LT,* Sousse, Tunisie, Mars.

[Joumard *et al,* 1998] Joumard, B., Semet, F. et Vovor, T. (1998). A generalised linear programming model for nurse scheduling. *European Journal Of operational Research*, Vol. 107, pp. 1-18.

[Kahraman *et al,* 2004] Kahraman, C., Cebeci, U. et Ruan, D. (2004). Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: the case of Turkey. *International Journal of Production Economics*, Vol. 87, pp.171–184.

[Kahraman *et al,* 2003] Kahraman, C., Ruan, D., et Dogan, Y. (2003). Fuzzy group decisionmaking for facility location selection. *Information Sciences*, Vol. 157, pp.135–153.

[Kahraman *et al,* 1998] Kahraman, C., Ulukan, Z. et Tolga, E. (1998). A fuzzy weighted evaluation method using objective and subjective measures. *In Proc. Of international ICSC symposium on engineering of intelligent systems EIS'98*, Vol. 1, pp. 57–63.

[Kim *et al,* 2000] Kim, S.C., Horowitz, I., Young, K.K. et Buckley, T.A. (2000). Flexible bed allocation and performance in the intensive care unit. *J. of Op. Management.*

[Kizer, 2002] Kizer, W. (2002). The emerging imperative for health care Quality improvement. *Acad Emerg Med*, Vol. 9, N°11, November.

[Kuo *et al,* 2002] Kuo, Y. et Chen, L. (2002). Using the fuzzy synthetic decision approach to assess the performance of university teachers in Taiwan. *International Journal of Management*, Vol.19, pp. 593–604.

[Kwong et Bai, 2002] Kwong, C.K. et Bai, H**.** (2002). A fuzzy AHP approach to the determination of importance weights of customer requirements in quality function deployment. *Journal of Intelligent Manufacturing,* Vol. 13, N° 5, pp. 367-377, Octobre.

[Ladjimi *et al,* 2004] Ladjimi, R. et Chenguel, H. (2004). Le calcul des coûts en milieu hospitalier tunisien. *Actes de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH04*, Mons, Belgique, Septembre.

[Lagergren, 1998] Lagergren, M**.** (1998). What is the role and contribution of models to management and research in the health services?. *European Journal of Operational Research.*

[Le Teno *et al,* 1998] Le Teno, J.F. et Mareschal, B. (1998). An interval version of PROMETHEE for the comparison of building products' design with ill-defined data on environmental quality. *European Journal of Operational Research*, Vol.109, pp. 522–529.

[Lee *et al,* 1999] Lee, M., Pham, H. et Zhang, X. (1999). A methodology for priority setting with application to software development process. *European Journal of Operational Research*, Vol. 118, pp. 375–389.

[Li, 1997] Li, L. (1997). Relationships between determinants of hospital quality management and service quality performance. *Omega International Journal of Management Science*, Vol. 25, pp. 535-45.

[Ling *et al,* 2003] Ling, Li. et Benton, W.C**.** (2003). Hospital capacity management decisions: emphasis on cost control and quality enhancement. *European Journal of Operational Research,* Vol.146, pp. 596-614.

[Lissandre, 1990] Lissandre, M. (1990). *Maîtriser SADT* . Colin

[Lorino, 1995] Lorino, P.H. (1995). Le déploiement de la valeur par les processus. *Revue Française de Gestion*, N°104, juin juillet- août.

[Lubicz *et al,* 1987] Lubicz, M. et Mielczarek, B. (1987). Simulation modelling of emergency medical services. *European Journal of Operational Research*, Vol. 29, Issue 2, pp. 178-185.

[Maggi *et al,* 2002] Maggi, B. et Rulli, G. (2002). Prescription, standardisation et prévention. Les normes ISO 9000 et la qualité dans le secteur sanitaire : une évaluation critique. *Les évolutions du champ de la prescription*, *SELF* 2002.

[Mainz, 2003] Mainz, J. (2003). Defining and classifying clinical indicators for quality improvement. *International Journal for Quality in Health Care.*

[Maksoudi, 1998] Maksoudi, C.H. (1998). *Les malades graves pris en charge au service des urgences*, Thèse, Faculté de médecine, Sousse.

[Marcon *et al,* 2003] Marcon, E., Kharraja, S. et Simonnet, G. (2003). The operating Theatre planning by the follow-up of the risk of no realization. *International Journal of Production Economics.*

[Mayer, 1992] Mayer, R.J. (1992). Information Modelling (IDEF1) – A reconstruction of the original Air Force Wright aeronautical laboratory technical. *report Knowledge Based Systems, Inc...* Rapport technique AFWAL-TR-81-4023, College Station, Texas, USA

[Mebrek *et al,* 2005] Mebrek, F. et Tanguy, A**.** (2005). modélisation et simulation a évènements discrets du pôle imagerie d'un hôpital moderne. *6e conférence francophone de modélisation et simulation - mosim'05,* Rabat, Maroc, Avril.

[Miller *et al,* 2003] Miller Ferrin, D.M. et Szymanski, J.M. (2003). Simulating Six-Sigma improvement ideas for a hospital emergency department*. Dans: Proc. of the 2003 Winter Sim. Conf.*, pp. 1926-1929.

[Miller *et al,* 2004] Miller Ferrin, D.M. et Messer, M.G. (2004). Fixing the emergency department: a transformation journey with EDsim. *Dans: Proc. of the 2004 Winter Sim. Conf.*, pp. 1988-1993

[Minvielle, 1996] Minvielle, E. (1996). *Gérer la singularité à grande échelle*. Thèse de doctorat en sciences de gestion, école polytechnique, Paris.

[Moreno *et al,* 1996] Moreno, L., Aguilar, R.M., Pineiro, J.D., Estevez, J.I., Sigut, J.F. et Gonzalez, C. (1996). Using KADS methodology in a simulation assisted knowledge based system: application to hospital management, *Expert Systems With Applications*, Vol. 10, N°. 1, pp. 17-27.

[Mouise, 1984] Mouise, F. (1984). *SIX SIGMA: un outil de représentation et de simulation adapté à la conception de systèmes industriels*. Thèse, Châtenay-Malabry, p.278.

[Navas *et al,* 2004] Navas, J.F., Arteta, C., Hadjes, P.S. et Jimenez, F. (2004). Construction et simulation d'un modèle de flux de patients dans le service d'urgences d'un hôpital colombien. *Actes de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH04*, 2004 Mons, Belgique, Septembre.

[Ong *et al,* 2003] Ong, S.K., Sun, M.J. et Nee, A.Y.C. (2003). A fuzzy set AHP-based DFM tool for rotational parts. *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 138, pp. 223–230.

[OMS, 2000] Organisation Mondiale De La Santé (OMS). (2000). Rapport sur la performance des systèmes de santé dans le monde, p.161.

[Pascal, 2000] Pascal, C. (2000). *Gérer les processus à l'hôpital : une réponse à la difficulté de faire ensemble*. Thèse Science de Gestion. Université Jean Moulin Lyon III, p. 457.

[Pascal, 2003] Pascal, C.H**.** (2003). La gestion par processus à l'hôpital entre procédure et création de valeur. *Revue Française de Gestion*, Vol. 29, N° 146.

[Philippe, 1999] Philippe, Nain. **(**1999). Basic Element of Queueing Theory: Application to the Modeling. *Computer Systems.*

[Pineau, 2004] Pineau, S. (2004). Management de la qualité en structure hospitalière. *Actes de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH04* Mons, Belgique, Septembre.

[Pomerol et *al*, 2000] Pomerol, J., Barba, C. et Romero, S. (2000). *Multicriterion decision in management: Principles and practice*", 1st ed. James C, translator. Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers.

[Rakotondranaivo *et al*, 2005] Rakotondranaivo, A., Grandhaye, P. et Sylvain. (2005). Identification des décisions dans un réseau de santé. *Congrès international de génie industriel. CIGI05,* France, Juin.

[Reix, 2000] Reix, A. (2000). *Etude de l'organisation des différents systèmes d'urgence dans six pays européens : la France, le Royaume Uni, la Belgique, la Suède, la Finlande et la Norvège*. Thèse de doctorat présentée à la Faculté de Médecine Cochin, Port Royal.

[Ricordel *et al*, 2000] Ricordel, P.M. et Demazeau, Y. (2000). From Analysis to deployment: A Multi-Agent Platform Survey. *Proceedings of 1st International Workshop on Enginnering Societies in the Agents World (ESAW), ECAI'2000*, A. Oinici R. Tolksdorf, and F. Zambonelli, (Eds.), Berlin, Germany, Springler Verlag pp. 93-105.

[Ridge *et al*, 1998] Ridge, J.C., Jones, S.K., Nielsen, M.S. et Shahani, A.K**.** (1998). Capacity Planning for intensive care units. *European Journal of Operational Research*, Vol. 105, pp. 346-55.

[Romeyer *et al*, 2000] Romeyer, C. et Bonjiovanni, I. (2000). Les systèmes d'informations hospitaliers, vecteurs de changement organisationnel. *5ème colloque de l'Association Information et Management.*

[Romeyer *et al*, 2004] Romeyer, C., Boireaux, A., Dupre, V., Geindre, C., Matray, N. et Meyznnier, C. (2004). Modélisation par les processus : une méthode préalable indispensable à la mise en oeuvre d'un système d'information communicant centré sur le patient. *Actes de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH04*, Mons, Belgique, Septembre.

[Rousseaux, 2004] Rousseaux, M. (2004). Conception et mise en œuvre d'un outil d'aide à la planification des soins d'un centre de rééducation fonctionnelle. *Actes de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH04*, Mons, Belgique, Septembre.

[Roy *et al*, 2002] Roy, P.M., Lannehoa, Y. (2002). Le triage aux urgences. *Réanimation*, Vol. 11, pp. 480-5

[Saaty, 1980] Saaty. TL**.** (1980). *The analytic hierarchy process*. NY: McGraw-Hill, New York.

[Samaha *et al*, 2003] Samaha, S., Wendy, S., Armel Darrell, W. et Starks. (2003). Emergency departments I: the use of simulation to reduce the length of stay in an emergency department. *Proceedings of the 35th conference on Winter simulation: driving innovation*, New Orleans, Louisiana, December

[Sandoval, 1994] Sandoval, V. (1994). *Les techniques de reengineering*. Editions Hermès.

[Shabayek *et al,* 2002] Shabayek, A.A. et Yeung, W.W. (2002). A simulation model for the Kwai Chung container terminals in Hong Kong . *European Journal of Operational Research,* Vol. 140 N°1, pp. 1–11.

[Shen-Hshiung *et al,* 2002] Shen-Hshiung., Tsaur., Te-Yi., Chang., Chang-Hua., Yen. (2002). The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM. *Tourism Management,* Vol. 23, pp. 107–115.

[Stam *et al,* 1996] Stam, A., Minghe, S. et Haines, M. (1996). Artificial neural network representations for hierarchical preference structures. *Computers & Operations Research*, Vol. 23, pp.1191–1201.

[Syi Sua *et al,* 2003] Syi Sua., Chung-Liang. et Shihb.(2003). Modeling an emergency medical services system using computer simulation. *International Journal of Medical Informatics*, pp. 57-72

[Tao *et al,* 2006] Tao, W., Guinet, A. et Meyran, S. (2006). Modélisation et simulation du processus de passage des patients aux urgences à l'aide d'ARIS: Étude de cas au SAU du Centre Hospitalier Saint Joseph et Saint Luc. *Actes de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH06*, Luxembourg, Septembre.

[Tao *et al,* 2006] Tao, W., Guinet, A. et Meyran, S. (2006). Modélisation et simulation du processus de passage des patients aux urgences à l'aide d'ARIS: Étude de cas au SAU du Centre Hospitalier Saint Joseph et Saint Luc. *Actes de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH06*, Luxembourg, Septembre.

[Tenon, 1788] Tenon**.** (1788). *Mémoire sur les hôpitaux de Paris*. Pierres impr, Paris.

[Thempelhoff *et al,* 1990] Thempelhoff, G. et Coll. (1990). Proposition d'une classification des patients et relation à la charge de travail. *Réanimation Soins Intensive Médecine d'Urgence*, Vol. 6, N°7, pp. 459-463.

[Théroude F, 2002] Theroude, F. (2002). *Formalisme et système pour la représentation et la mise en oeuvre des processus de pilotage des relations entre donneurs d'ordres et fournisseurs*. Thèse de Doctorat en organisation industrielle et système de production, université Joseph Fourier INP Grenoble, soutenue le 17-07-2002.

[Trilling *et al,* 2005] Trilling, L. et Guinet, A**.** (2005). Aide à la décision pour la gestion quantitative des ressources humaines : comment lever la contrainte financière hospitalière. *Congrès international de génie industriel CIGI05,* France, Juin.

[Trudeau, 2004] Trudeau, J**.** (2004). Impact de l'agent de liaison en santé mentale à la salle d'urgence. *Actes de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers,* Mons, Belgique, Septembre.

[Ufuk *et al,* 2006] Ufuk, R., Bilsel, Gulcin., Buyukozkan, D.A. et Ruan. (2006) A Fuzzy Preference-Ranking Model for a Quality Evaluation of Hospital Web Sites, *International Journal Of Intelligent Systems*, Vol. 21, pp.1181–1197.

[Us Air Force, 1993] Us Air Force**.** (1993). Integrated Computer Aided Manufactured Definition Language (IDEF methods). Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology, *Computer Systems Laboratory*. Rapport technique, Gaithersburg, USA.

[Valenzuela *et al,* 1990] Valenzuela, D.T., Goldberg, J., Keeley, T.K. et Criss, A.E. (1990). Computer modeling of emergency medical system performance, *Annals of Emergency Medicine*, Vol. 19, Issue 8, pp. 898-901.

[Van Laarhoven *et al,* 1983] Van Laarhoven, P.J. M. et Pedrycz, W. (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 11, pp.229–241.

[Velin *et al,* 2001] Velin, P., Alamir, H., Babe, P., Four, R. et Guida, A. (2001). Les horaires principaux du circuit d'un enfant aux urgences pédiatriques. *Expérience de l'hôpital Lenval en 1999*, Archives pédiatriques.

[Venkatarman *et al,* 1996] Venkatarman, R. et Brusco, M.J**.** (1996). An integrated analysis of nurse staffing and scheduling policies. *Omega International Journal of Management Science*, Vol 24, pp. 57-71.

[Vernadat, 1996] Vernadat, F. **(**1996). *Enterprise Modeling and Integration: Principles and Applications*, Chapman&Hall, London

[Vernadat, 1999] Vernadat, F**.** (1999). *Techniques de modélisation en entreprise: application aux processus opérationnels*. Editions Economica.

[Wagner *et al,* 2003] Wagner, G., Godefridus, G., Van, Merode. et Vanoort, M. (2003). Costs of Quality Management Systems in Long Term Care Organizations: An Exploration. *Manage Health Care*, Vol.12, No.2, pp.106-114.

[Weck *et al,* 1997] Weck, M., Klocke, F., Schell, H. et Ruenauver, E. (1997). Evaluating alternative production cycles using the extended fuzzy AHP method. *European Journal of Operational Research*, Vol. 100, pp. 351–366.

[Wieser *et al,* 2002] Wieser, P.H., Vermeulen. et Faure, S., (2002). Modélisation et ré ingénierie des systèmes hospitaliers. *Actes de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH02*, Lyon.

[William Peterson, 1991] William Peterson. (1991). A heavy traffic limit theorem for networks of queues with multiple customer types. *Mathematics of operations research*, Vol 16, N°1, pp 90-118, Feb.

[Wiser, 2004] Wiser, P.H. (2004). Les nouvelles technologies de l'information au service des urgences. *Actes de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH04*, Mons, Belgique, Septembre.

[Yager, 1981] Yager, R.R. (1981). A procedure for ordering fuzzy subsets of the unit interval. *Inform Sci,* Vol. 24, pp.143–161.

[Zadeh, 1965] Zadeh, L. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, Vol.8, N° 1965, pp. 338-353

[Zadeh, 1975] Zadeh, L. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. *Information Sciences*, Partie 1: Vol.8, pp. 199-249, Partie 2: Vol.8, pp. 301-357, Partie 3: Vol.9, pp. 43-80.

[Zadeh, 1978] Zadeh, L. (1978). Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy sets and Systems,* Vol., N°1, pp. 3 28.

[Zarama *et al*, 2004] Zarama, G. et Vinck, D. (2004). Comment les utilisateurs font marcher les outils informatiques ? Le cas de la prescription médicale informatisée»; *Actes de la Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers GISEH04*, Mons, Belgique, Septembre.

[Zhu *et al*, 1999] Zhu, K.J., Jing, Y. et Chang, D.Y**.** (1999). A discussion on extent analysis method and applications of fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, Vol. 116, pp. 450–456.

[Zimmermann, 1996] Zimmermann, H.J. (1996). *Fuzzy set theory and its applications*, 3rd ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

ANNEXES

Annexe A

RESULTATS OBTENUS PAR MATLAB

Il s'agit de la détermination :

- *des valeurs propres ;*
- *des vecteurs propres.*

```
matrice A=[1 9;0.1125 1]

A =

    1.0000    9.0000
    0.1125    1.0000


V =

    0.9938   -0.9938
    0.1111    0.1111


D =

    2.0062         0
         0   -0.0062


b =

    2.0062


B =

   -0.9938
    0.1111

matrice A=[1 9;0.1125 1]

A =

    1.0000    9.0000
    0.1125    1.0000


V =

    0.9938   -0.9938
    0.1111    0.1111


D =

    2.0062         0
         0   -0.0062
```

```
ans =

     0     0     0     0


b =

    2.0062


B =

    0.9938
    0.1111

matrice A=[1 9;0.1125 1]

A =

    1.0000    9.0000
    0.1125    1.0000


V =

    0.9938   -0.9938
    0.1111    0.1111


D =

    2.0062         0
         0   -0.0062


ans =

     0     0     0     0


b =

    2.0062


B =

    0.9938
    0.1111
```

```
matrice A=[1 3;0.375 1]

A =

    1.0000    3.0000
    0.3750    1.0000


V =

    0.9428   -0.9428
    0.3333    0.3333


D =

    2.0607         0
         0   -0.0607


ans =

     0     0     0     0


b =

    2.0607


B =

    0.9428
    0.3333

matrice A=[1 1.5 3 1.5;0.75 1 5 1.5;0.375 0.208 1 1.5;0.75 0.75 0.75 1]

A =

    1.0000    1.5000    3.0000    1.5000
    0.7500    1.0000    5.0000    1.5000
    0.3750    0.2080    1.0000    1.5000
    0.7500    0.7500    0.7500    1.0000


V =

  -0.6404            -0.7861            -0.0905 + 0.4373i  -0.0905 - 0.4373i
  -0.6450             0.5895            -0.7595            -0.7595
```

```
  -0.2517          -0.0722          0.1022 - 0.3028i   0.1022 + 0.3028i
  -0.3324           0.1714          0.2848 + 0.2013i   0.2848 - 0.2013i


D =

   4.4684             0             0             0
        0       -0.1763             0             0
        0             0   -0.1460 + 1.1641i       0
        0             0             0   -0.1460 - 1.1641i


ans =

     0     0     0     0


matrice A=[1 1.5 3 1.5;0.75 1 5 1.5;0.375 0.208 1 1.5;0.75 0.75 0.75 1]

A =

    1.0000    1.5000    3.0000    1.5000
    0.7500    1.0000    5.0000    1.5000
    0.3750    0.2080    1.0000    1.5000
    0.7500    0.7500    0.7500    1.0000


V =

  -0.6404          -0.7861          -0.0905 + 0.4373i  -0.0905 - 0.4373i
  -0.6450           0.5895          -0.7595            -0.7595
  -0.2517          -0.0722           0.1022 - 0.3028i   0.1022 + 0.3028i
  -0.3324           0.1714           0.2848 + 0.2013i   0.2848 - 0.2013i


D =

   4.4684             0             0             0
        0       -0.1763             0             0
        0             0   -0.1460 + 1.1641i       0
        0             0             0   -0.1460 - 1.1641i


b =

    4.4684


B =
```

```
  -0.0905 - 0.4373i
  -0.7595
   0.1022 + 0.3028i
   0.2848 - 0.2013i

matrice A=[1 0.208;5 1]

A =

    1.0000    0.2080
    5.0000    1.0000


V =

    0.1998   -0.1998
    0.9798    0.9798


D =

    2.0198         0
         0   -0.0198


b =

    2.0198


B =

   -0.1998
    0.9798

matrice A=[1 0.208 0.208 0.208 0.208;5 1 5 7 0.208;5 0.208 1 3 0.208;5 0.145 0.375 1
0.208;5 5 5 5 1]

A =

    1.0000    0.2080    0.2080    0.2080    0.2080
    5.0000    1.0000    5.0000    7.0000    0.2080
    5.0000    0.2080    1.0000    3.0000    0.2080
    5.0000    0.1450    0.3750    1.0000    0.2080
    5.0000    5.0000    5.0000    5.0000    1.0000


V =

   0.0672            0.0163 - 0.0652i   0.0163 + 0.0652i   0.0872 + 0.0189i   0.0872 - 0.0189i
```

```
   0.4706            0.0607 + 0.4559i   0.0607 - 0.4559i   0.2404 - 0.1417i   0.2404 + 0.1417i
   0.1959           -0.1252 + 0.0764i  -0.1252 - 0.0764i   0.1570 + 0.2053i   0.1570 - 0.2053i
   0.1287           -0.1139 - 0.0480i  -0.1139 + 0.0480i  -0.1987 - 0.1204i  -0.1987 + 0.1204i
   0.8480            0.8644             0.8644            -0.8907            -0.8907


D =

   6.0848                 0                 0                 0                 0
        0            0.0622 + 2.4242i        0                 0                 0
        0                 0            0.0622 - 2.4242i        0                 0
        0                 0                 0           -0.6046 + 0.2124i        0
        0                 0                 0                 0           -0.6046 - 0.2124i


b =

    6.0848


B =

   0.0872 - 0.0189i
   0.2404 + 0.1417i
   0.1570 - 0.2053i
  -0.1987 + 0.1204i
  -0.8907

matrice A=[1 5;0.208 1]

A =

    1.0000    5.0000
    0.2080    1.0000


V =

    0.9798   -0.9798
    0.1998    0.1998


D =

    2.0198         0
         0   -0.0198


b =
```

```
   0.0622 - 2.4242i


B =

   -0.9798
    0.1998

matrice A=[1 5 0.208;0.208 1 0.145;5 7 1]

A =

    1.0000    5.0000    0.2080
    0.2080    1.0000    0.1450
    5.0000    7.0000    1.0000


V =

   0.2939            0.1478 - 0.2513i   0.1478 + 0.2513i
   0.0902            0.0446 + 0.0776i   0.0446 - 0.0776i
   0.9516           -0.9524            -0.9524


D =

   3.2077                 0                 0
        0           -0.1039 + 0.7487i        0
        0                 0           -0.1039 - 0.7487i


b =

    3.2077


B =

   0.1478 + 0.2513i
   0.0446 - 0.0776i
  -0.9524

matrice A=[1 0.145;7 1]

A =

    1.0000    0.1450
    7.0000    1.0000
```

```
V =

    0.1425   -0.1425
    0.9898    0.9898


D =

    2.0075         0
         0   -0.0075


b =

    2.0075


B =

   -0.1425
    0.9898

matrice A=[1 0.145 0.208;7 1 5;5 0.208 1]

A =

    1.0000    0.1450    0.2080
    7.0000    1.0000    5.0000
    5.0000    0.2080    1.0000


V =

   0.0902            -0.0446 - 0.0776i  -0.0446 + 0.0776i
   0.9516             0.9524             0.9524
   0.2939            -0.1478 + 0.2513i  -0.1478 - 0.2513i


D =

   3.2077                 0                 0
        0           -0.1039 + 0.7487i        0
        0                 0           -0.1039 - 0.7487i


b =

    3.2077
```

```
B =

  -0.0446 + 0.0776i
   0.9524
  -0.1478 - 0.2513i
```

Programme

```
A=input('matrice A=')
d=size(A);
k=d(:,1);
[V,D] = eig(A)
j=0;
while (j ~= k)
for i=1:k
  a=max(D(:,i));
   j=j+1;
  W(j)=a;
end
end
b= max(W);
for i=1:k
if W(i) == b else
    B=V(:,i);
end
end
b
B
```

Annexe B

L'ECHANTILLON DE 100 PATIENTS

Détermination des durées minimum, maximum et moyenne de chaque tâche

Patients	G	NG	Standardisé	Médecin	Analyse	Radiologie	Médecin	Spécialiste
1	0	1	15	60	70		30	60
2	1	0	5	30	60		20	
3	0	1	60	45	180	30	30	180
4	1	0	5	5	120		30	
5	0	1	45	45		60	60	120
6	1	0	30	30		30	45	
7	1	0	5			60		180
8	1	0	15	15		30	60	
9	0	1	15	30	120		30	120
10	1	0	30	30	90		120	
11	0	1	20	15		20	90	180
12	0	1	5	20		45	75	
13	1	0	15	15	120		60	120
14	0	1	5	5	150		45	
15	1	0	30	30		20	90	120
16	0	1	5	15	180		120	180
17	1	0	15	30	150		45	
18	0	1	5	15	210		50	240
19	1	0	15	50		25	60	
20	0	1	5	15	180	30	50	
21	0	1	10	30		30	75	180
22	1	0	90	90	150		45	2880
23	0	1	20	5		10	15	
24	1	0	15	15	180		50	
25	0	1	90	10		15	90	150
26	0	1	15	15	180		50	
27	1	0	90	10		15	90	150
28	0	1	30	60		30	60	

29	0	1	10	30	150		70	
30	1	0	10	60		20	75	240
31	1	0	10	30	210		45	
32	1	0	45	45		30	50	
33	0	1	15	30	210		60	600
34	0	1	30	15		30	120	
35	1	0	20	50	210	20	45	
36	0	1	30	30	240		55	250
37	0	1	75	120		30	35	
38	1	0	10	30		25	60	
39	1	0	15	15	180		75	30
40	0	1	15	35		15	70	240
41	0	1	10	45		30	55	
42	1	0	15	15	150		70	120
43	0	1	10	20		30	50	
44	1	0	60	10	240		90	180
45	0	1	40	30	150		20	240
46	0	1	45	50	150	15	80	
47	1	0	20	20	180	30	75	150
48	0	1	15	30	120		120	
49	1	0	30	60	240		90	
50	0	1	20	45	150		45	180
51	1	0	20	75	240	30	60	
52	0	1	30	45	150	30	90	
53	1	0	40	5	150	10	45	180
54	0	1	15	10		15	10	
55	1	0	10	15	180		40	
56	1	0	35	15		10	20	240
57	0	1	30	5		15	5	

58	0	1	10	10		15	20	
59	0	1	60	5	160		15	
60	1	0	5	20		15	30	
61	1	0	15	10	180	10	10	600
62	1	0	20	15	180		15	
63	0	1	10	20		15	40	
64	0	1	30	15		30	30	
65	1	0	45	10		15	20	
66	0	1	30	30	180		15	240
67	1	0	15	20	200		15	
68	0	1	20	15		15	40	
69	1	0	35	5	150	20	50	240
70	0	1	40	10		30	60	
71	0	1	50	15	120		15	
72	0	1	30	20		15	20	240
73	1	0	20	10	140		30	
74	1	0	45	15		10	15	
75	0	1	20	30	180		40	180
76	0	1	15	10	150		30	
77	0	1	20	15		20	15	
78	0	1	35	10		15	20	300
79	1	0	40	15		15	15	
80	1	0	30	15	240		10	
81	0	1	15	30	120		30	
82	0	1	20	20		30	15	400
83	1	0	40	20	150	20	20	
84	1	0	60	10		10	20	
85	0	1	15	10		15	45	
86	0	1	20	15	180		40	220

87	1	0	30	30	150		30	
88	0	1	15	10		20	20	240
89	0	1	20	2015	150	15	15	
90	1	0	40	15		15	10	180
91	1	0	20	20	150		40	
92	0	1	30	25		20	20	
93	0	1	15	35	180	30	25	150
94	1	0	10	45			30	
95	0	1	20	20		35	15	
96	0	1	40	15	240	20	10	600
97	0	1	30	15			20	2880
98	1	0	20	10		15	30	400
99	0	1	25	20	120	10	30	
100	0	1	50	15	180	15	20	
Moyenne	44.95	290.5445	55	13.13	25.25	168.14	22.5	

Annexe C

Etude des lois des arrivées des patients

Il s'agit de l'étude des lois des arrivées des patients :

- *cas non grave*
- *cas grave*

1. **Etude de la loi des arrivées de la classe des patients cas non grave:**

C'est la première opération qui a consisté a enregistré le nombre des patients qui arrivent au service des urgences pendant un intervalle de temps de 30mn pour analyser la loi des arrivées on a pris l'échantillon suivant (la collecte des données était faite du 22/12/2006 jusqu'au 24/12/2006)

Nombres de patients arrivant à la tache chaque 30mn X_i	**Effectifs observés F_i**
1	4
2	6
3	12
4	10
5	7
6	5
7	1
8	3
9	0
10	1
11	1
Totaux	50

En examinant le tableau précédent et en employant la formule de la moyenne arithmétique :

$$\overline{X} = \sum_{i=1}^{50} X_i \ F_i \ / \sum_{i=1}^{50} F_i$$

On obtient la valeur numérique suivante :

$$\overline{X} = \frac{1}{50}\left[(1\times \quad 4)+(2\times 6)+(3\times 12)+(4\times 10)+(5\times 7)+(6\times 5)+(7\times 1)+(8\times 3)+(9\times 0)+(10\times 1)+(11\times 1)\right]$$

$$\overline{X} = \frac{209}{50} = 4{,}18$$

On conclue qu'il arrive en moyenne 4.18 patients réguliers par 30 minute (ou 0.14 patients par minute).

On veut tester maintenant si la loi théorique de la variable aléatoire X_i qui représente le nombre de patients arrivants au service d'urgence par un intervalle de 30 minutes est une loi de poisson ?

H0 : la distribution observée des arrivées est tirée d'une population caractérisée par une distribution de poisson.

Contre l'hypothèse :

H1 : La distribution de la population n'est pas une distribution poissonnienne.

Supposons à cet effet que les hypothèses suivantes soient satisfaites :

a. La probabilité d'une arrivée est proportionnelle à la longueur de l'intervalle [t ; t+dt]. Donc p (1 ; t)= $p(1;\ t) = \lambda dt + \varepsilon(dt)$, où λ est un paramètre positif et $\varepsilon(dt)$ est une fonction telle que : $Lim \frac{\varepsilon(dt)}{dt} = 0; \qquad dt \to 0$

b. La probabilité qu'il y ait deux arrivées ou plus entre t et (t+dt) est négligeable $p(n;\ t) = \varepsilon(dt) \quad pour\ n \geq 2$

c. Les arrivées sont indépendantes. Dans ce cas ; on peut démontrer que le hasard des arrivées est gouverné par la loi de poisson, de paramètre λ qui est la moyenne de la distribution et dont la formule est la suivante : $p(n;\ t) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t}$

Cette formule donne la probabilité que n arrivés se produisent durant un intervalle de temps égal à t.

Afin de s'occuper de vérifier si la loi de poisson s'applique bien à notre cas, nous faisons appel aux méthodes suivantes :

- **Egalité entre l'espérance mathématique et la variance :**

L'espérance mathématique de la loi de poisson est le paramètre λ_i qui est la moyenne de la distribution qu'on peut exprimer par $\overline{X}$: l'estimateur de maximum de vraisemblance.

$$E(X) = \lambda_i = \overline{X} = \sum_{i=1}^{n} X_i F_i / \sum_{i=1}^{n} F_i$$

La variance de la distribution de X est :

$$V(X) = s \quad \sigma_x^2 = E(X^2) - [E(X)]^2$$

$$V(X) = \sum_{i=1}^{n} X_i^2 F_i / \sum_{i=1}^{n} F_i - \overline{X}^2$$

L'écart type qu'on note par $\sigma_X = \sqrt{V(x)}$

Comme ces paramètres sont inconnus, nous allons les estimer en formant le tableau ci-dessous :

X_i	F_i	X_i^2	$X_i^2 F_i$
1	4	1	4
2	6	4	24
3	12	9	108

4	10	16	160
5	7	25	175
6	5	36	180
7	1	49	49
8	3	64	192
9	0	81	0
10	1	100	100
11	1	121	121
Totaux	50		1113

$$V(X) = \frac{1113}{50} - (4018)^2 = 4.78$$

Parmi les propriétés fondamentales de la loi de poisson : on distingue la double égalité entre sa moyenne et sa variance c'est-à-dire : $E(X) = V(X) = \lambda_i$.

Pour notre distribution, cette condition est vérifiée, pour cela on peut dire que la loi théorique des arrivées est poissonnienne.

Vérifiant donc la distribution des arrivées d'autres manières :

- **Vérification par l'allure des deux courbes des fréquences (théoriques et observées) :**

Soit le tableau suivant :

Nombres de patients arrivant chaque 30mn à la tache administrative	**Effectifs observés F_i**	**Probabilité théorique P(n ;t)**	**Effectifs théoriques F_{ith}**
1	4	0.064	3.2
2	6	0.134	6.7
3	12	0.187	9.35
4	10	0.195	9.75
5	7	0.163	8.15
6	5	0.114	5.7
7	1	0.068	3.4
8	3	0.036	1.8
9	0	0.017	0.85
10	1	0.007	0.35
11	1	0.003	0.15
Totaux	50	1	50

Sachant que ;

- $P(n;\quad t)=\frac{(\lambda t)^n}{n!}e^{-\lambda t}$;
- $F_{ith}=P_{ni}\times\sum_{i=1}^{n}F_i$;
- Les calcules sont effectués pour $\lambda_i = 4.18$

Pour les courbes on a :

- En abscisse sont les nombres de patients arrivant au service chaque 30minutes ;
- En ordonnées sont les fréquences : observés (F_i) et théoriques (F_{ith}).
- En observant les deux courbes de fréquences, on remarque que :
- Elles atteignent le maximum au même point X_i =3 ;
- Elles ont presque la même allure ;
- L'écart n'est pas largement remarquable : donc la distribution des fréquences théoriques n'est pas trop éloignée de celle des fréquences observées.

Donc on peut dire que la distribution des patients qui arrivent au service d'urgence peut être celle de Poisson. Ainsi, il faut recourir à la meilleure méthode qui est le test de Khi deux.

- **Validation des arrivées à l'aide du test de Khi deux :**

Cette méthode est la meilleure pour vérifier si la loi de poisson s'applique bien à notre cas ou non.

C'est un outil statistique qui permet de vérifier la concordance entre la distribution expérimental et la distribution théorique calculée d'après la loi de poisson et de juger de la qualité de leur ajustement et de leur conformité.

Ce test s'effectue de la façon suivante :

- Un niveau de risque est fixé, qui permet de supposer que la distribution des mesures suit une loi théorique de poisson.
- Dans une table de Khi deux, il est vérifié si le Khi deux théorique est inférieur au Khi deux calculé pour un seuil de confiance donné.

Le Khi deux calculé (χ_c^2) est obtenu par la formule suivante :

$$(\chi_c^2)=\frac{\sum_{i=1}^{n}(F_{ith}-F_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}F_{ith}}$$

Soit alors le tableau suivant :

Nombre de patients arrivant chaque 30 min	**Effectifs observés F_i**	**Probabilités théoriques P(n ; t)**	**Effectifs théoriques F_{ith}**	**Effectifs théoriques regroupés F_{ithr}**	$\frac{(F_{ithr} - F_i)^2}{F_{ithr}}$
1	4	0.064	3.2	-	-
2	6	0.134	6.7	9.9	1.537
3	12	0.187	9.35	9.35	0.752
4	10	0.195	9.75	9.75	0.007
5	7	0.163	8.15	8.15	0.163
6	5	0.114	5.7	5.7	0.086
7	1	0.068	3.4	6.55	4.703
8	3	0.036	1.8	-	-
9	0	0.017	0.85	-	-
10	1	0.007	0.35	-	-
11	1	0.003	0.15	-	-
Totaux	50	1	50	50	7.248

- Il faut noter que le test de Khi deux ne peut pas être appliqué que si les effectifs sont suffisamment grandes $(F \geq 5)$, si cette condition n'est pas satisfaite, il y a lieu de regrouper deux ou plusieurs classes adjacentes.
- Le nombre de degrés de liberté d=K-L-1 doit être défini préalablement :

❖ K : nombre de classes (après regroupement les fréquences théoriques) ; avec K=6 ;

❖ L : nombre de paramètres de la loi théoriques tirés de l'observation.

Or le paramètre d'une loi de poisson est sa moyenne : la valeur de L est donc égale à 1. Leurs degrés de liberté est donc égale à K-2.

En consultant la table : il est défini la probabilité P d'avoir Khi deux, avec K-2 degrés de liberté, dépasse une certaine valeur limite ; c'est-à-dire que le seuil critique : $\chi_c^2 \succ \chi_{(\alpha)}^2 = 1 - \alpha$

- Si la valeur du Khi deux calculée est inférieure à celle du Khi deux observé sur la table $(\chi_c^2 \prec \chi_{(\alpha)}^2)$ on accepte H_0 c'est-à-dire, l'ajustement est considéré comme correct et les arrivées sont alors poissonniennes.
- Si $\chi_c^2 \succ \chi_{(\alpha)}^2$ alors on rejette H_0 et on conclut que les arrivées n'obéissent pas à une loi de poisson.

D'après notre tableau ; on a : $\chi_c^2 = 7.248$
$d = 6 - 2 = 4$

Règle de décision :

En utilisant la table des quantiles d'une loi de khi-deux à v degrés de liberté, afin de déterminer la valeur théorique de χ_c^2 ; pour d=5, on aura :

Pour $\alpha = 10\%$; $\chi^2_{4.10\%} = 7.779 \succ \chi_c^2 = 7.248$

Les observations suivent la loi de poisson de paramètre $\lambda_i = 4.18$

Pour $\alpha = 5\%$; $\chi^2_{4.5\%} = 9.448 \succ \chi_c^2 = 7.248$

Les observations suivent la loi de poisson de paramètre $\lambda_i = 4.18$

Pour $\alpha = 1\%$; $\chi^2_{4.1\%} = 13.277 \succ \chi_c^2 = 7.248$

Les observations suivent la loi de poisson de paramètre $\lambda_i = 4.18$

2. **Etude de la loi des arrivées pour la classe des patients cas grave:**

Pour établir l'étude d'évaluation du taux des arrivées des patients qui ont un cas grave, on a opéré de la même façon que pour les arrivées des cas non graves : c'est-à-dire par chronométrage du nombre des patients enregistrés durant 40 périodes successives dont 30 minutes chacune d'elle. On a trouvé les résultats suivants :

Nombres de patients enregistrés chaque 30mn	**Effectifs observés F_i**
1	2
2	5
3	4
4	6
5	8
6	7
7	5
8	2
9	1
Total	40

En examinant le tableau précédent en vue de calculer la moyenne arithmétique du nombre de patients enregistrés par intervalle de 30 minutes, dont la formule est la suivante :

$$\overline{X} = \sum_{i=1}^{9} X_i F_i / \sum_{i=1}^{9} F_i$$

$$\overline{X} = 190/40$$

= 4.75 patients/ 30 minutes

=0.16 patients/ minute.

- **Egalité entre l'espérance mathématique et la variance :**

L'espérance mathématique de la loi de poisson est le paramètre λ_i qui est la moyenne de la distribution qu'on peut exprimer par $\overline{X}$: l'estimateur de maximum de vraisemblance.

$$E(X) = \overline{X} = \sum_{i=1}^{n} X_i F_i / \sum_{i=1}^{n} F_i$$

La variance de la distribution de X est :

$$V(X) = s \quad \sigma_x^2 = E(X^2) - [E(X)]^2$$

$$V(X) = \sum_{i=1}^{n} X_i^2 F_i / \sum_{i=1}^{n} F_i - \overline{X}^2$$

L'écart type qu'on note par $\sigma_X = \sqrt{V(x)}$

Comme ces paramètres sont inconnus, nous allons les estimer en formant le tableau ci-dessous :

X_i	F_i	X_i^2	$X_i^2 F_i$
1	2	1	2
2	5	4	20
3	4	9	36
4	6	16	96
5	8	25	200
6	7	36	252
7	5	49	245
8	2	64	128
9	1	81	81
Totaux	40		106

$V(X) = 4$

Parmi les propriétés fondamentales de la loi de poisson : on distingue la double égalité entre sa moyenne et sa variance c'est-à-dire : $E(X) = V(X)$.

Pour notre distribution, cette condition est vérifiée, pour cela on peut dire que la loi théorique des arrivées est poissonnienne.

Vérifiant donc la distribution d'autres manières :

- **Vérification par l'allure des deux courbes des fréquences (théoriques et observées) :**

Soit le tableau suivant :

Nombres de patients arrivant chaque 30mn à la tache administrative	**Effectifs observés F_i**	**Probabilité théorique P(n ;t)**	**Effectifs théoriques F_{ith}**
1	2	0.042	1.68
2	5	0.098	3.92
3	4	0.155	6.2
4	6	0.184	7.36
5	8	0.175	7
6	7	0.139	5.56
7	5	0.094	3.76
8	2	0.056	2.24
9	1	0.03	1.2
Totaux	40	1	40

Sachant que ;

- $P(n;\quad t)=\frac{(\mu t)^n}{n!}e^{-\mu t}$;
- $F_{ith}=P_{ni}\times\sum_{i=1}^{n}F_i$;
- Les calcules sont effectués pour $\mu_i = 4.18$

Pour les courbes on a :

- En abscisse sont les nombres de patients arrivant au service chaque 30minutes ;
- En ordonnées sont les fréquences : observés (F_i) et théoriques (F_{ith}).
- En observant les deux courbes de fréquences, on remarque que :
- Elles atteignent le maximum au même point X_i =5 ;
- Elles ont presque la même allure ;

- L'écart n'est pas largement remarquable : donc la distribution des fréquences théoriques n'est pas trop éloignée de celle des fréquences observées.

Donc on peut dire que la distribution des patients qui arrivent au service d'urgence peut être celle de Poisson. Ainsi, il faut recourir à la meilleure méthode qui est le test de Khi deux.

- **Validation des arrivées à l'aide du test de Khi deux :**

Le Khi deux calculé $\left(\chi_c^2\right)$ est obtenu par la formule suivante :

$$\left(\chi_c^2\right) = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(F_{ith} - F_i\right)^2}{\sum_{i=1}^{n} F_{ith}}$$

Soit alors le tableau suivant :

Nombre de patients arrivant chaque 30 min	**Effectifs observés F_i**	**Probabilités théoriques P(n ; t)**	**Effectifs théoriques F_{ith}**	**Effectifs théoriques regroupés F_{ithr}**	$\frac{\left(F_{ithr} - F_i\right)^2}{F_{ithr}}$
1	2	0.042	1.68	-	-
2	5	0.098	3.92	5.6	0.065
3	4	0.155	6.2	6.2	0.79
4	6	0.184	7.36	7.36	0.252
5	8	0.175	7	7	0.143
6	7	0.139	5.56	5.56	0.373
7	5	0.094	3.76	7.2	0.673
8	2	0.056	2.24	-	-
9	1	0.03	1.2	-	-
Totaux	40	1	40	40	2.296

- Il faut noter que le test de Khi deux ne peut pas être appliqué que si les effectifs sont suffisamment grandes $(F \geq 5)$, si cette condition n'est pas satisfaite, il y a lieu de regrouper deux ou plusieurs classes adjacentes.
- Le nombre de degrés de liberté d=K-L-1 doit être défini préalablement :

❖ K : nombre de classes (après regroupement les fréquences théoriques) ; avec K=6 ;

❖ L : nombre de paramètres de la loi théoriques tirés de l'observation.

Or le paramètre d'une loi de poisson est sa moyenne : la valeur de L est donc égale à 1. Leurs degrés de liberté est donc égale à K-2.

En consultant la table : il est défini la probabilité P d'avoir Khi deux, avec K-2 degrés de liberté, dépasse une certaine valeur limite ; c'est-à-dire que le seuil critique : $\chi_c^2 \succ \chi_{(\alpha)}^2 = 1-\alpha$

- Si la valeur du Khi deux calculée est inférieure à celle du Khi deux observé sur la table $\left(\chi_c^2 \prec \chi_{(\alpha)}^2\right)$ on accepte H_0 c'est-à-dire, l'ajustement est considéré comme correct et les arrivées sont alors poissonniennes.
- Si $\chi_c^2 \succ \chi_{(\alpha)}^2$ alors on rejette H_0 et on conclut que les arrivées n'obéissent pas à une loi de poisson.

D'après notre tableau ; on a : $\chi_c^2 = 2.296$
$d = 6-2 = 4$

Pour $\alpha = 50\%$; $\chi_{4.50\%}^2 = 3.357 \succ \chi_c^2 = 2.296$

Les observations suivent la loi de poisson de paramètre $\mu_i = 4.75$

Pour $\alpha = 10\%$; $\chi_{4.10\%}^2 = 7.779 \succ \chi_c^2 = 2.296$

Les observations suivent la loi de poisson de paramètre $\mu_i = 4.75$

Pour $\alpha = 5\%$; $\chi_{4.5\%}^2 = 9.488 \succ \chi_c^2 = 2.296$

Les observations suivent la loi de poisson de paramètre $\mu_i = 4.75$.

Annexe D

APPLICATION DE LA METHODE PROMETHEE FLOUE

Les actions proposées sont au nombre de quatre :

- L'ajout d'un médecin de la santé publique formé ;
- L'ajout d'un médecin généraliste ;
- L'ajout d'un assistant : spécialiste en orthopédie ;
- L'ajout d'un assistant : spécialiste en chirurgie générale.

Nous avons proposé plusieurs critères pour arriver à choisir entre les quatre actions tel que : occupation de l'espace, le nombre des infirmiers que le médecin à besoin, le nombre de patients traités, le temps d'attente d'un patient avant la tache, le taux de disponibilité du médecin, le temps de travail, le besoin des équipements spéciales ….

Mais en faisant des interviews directes avec certains responsables du service et avec le directeur financier de l'hôpital, les indicateurs les plus importants que nous devons prendre en compte sont :

- Le coût (le salaire) de chaque médecin ajouté ;
- Le nombre d'explorations demandées (demande des analyses et de la radiologie)
- La demande de l'avis d'un autre spécialiste

Nous avons pris un échantillon pour déterminer les valeurs du tableau ci-dessous.

Le problème à résoudre peut être présenté de la forme suivante :

Actions	**Critères**		
	Coûts **Min**	Nombre d'explorations **Min**	Demande de l'avis d'un autre spécialiste **Min**
Médecin de la santé publique formé (A)	1200 dinars	(60, 10, 20)	(25, 10, 5)
Assistant : spécialiste en chirurgie générale (B)	1600 dinars	(40, 10, 10)	(10, 10, 5)
Assistant : spécialiste en orthopédie (C)	1600 dinars	(50, 10, 10)	(15, 5, 10)
Médecin Généraliste (D)	1000 dinars	(80, 20, 20)	(35, 5, 10)
Poids d'importance	0.25	0.4	0.35

<u>Critère1 : coût</u>

d(a, b)

d(	**A**	**B**	**C**	**D**
A	0	400	400	-200
B	-400	0	0	-600
C	-400	0	0	-600
D	200	600	600	0

P(d(a, b))

	A	**B**	**C**	**D**
A	0	1	1	0
B	0	0	0	0
C	0	0	0	0
D	0	1	1	0

Critère 2 : nombres d'explorations demandés

Nous avons utilisé une échelle de 1 à 7 :

1 : Très faible [0, 0, 20] ;

2 : Faible [20, 5, 10] ;

3 : Assez moyen [30, 10, 10] ;

4 : Moyen [40, 10, 10] ;

5 : Assez élevé [50, 10, 10]

6 : élevé [60, 10, 20]

7 : Très élevé [80, 20, 40]

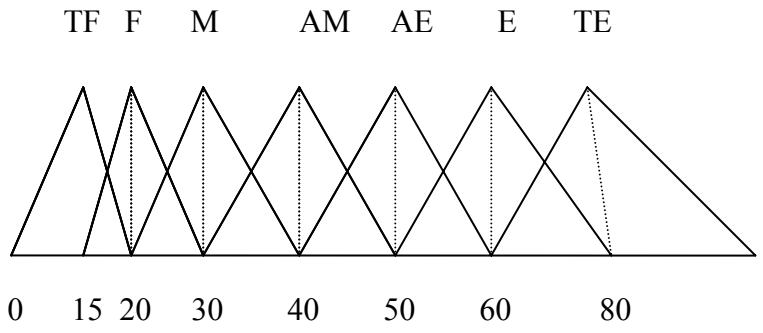
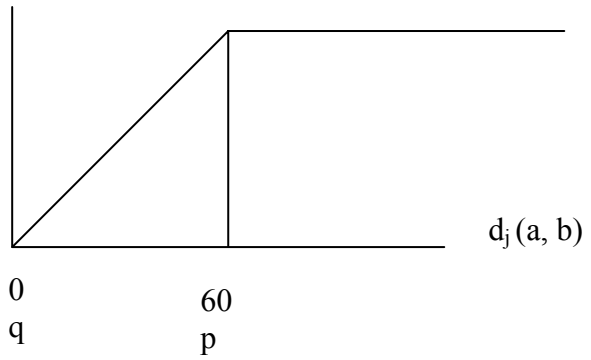


Figure 25: Présentation d'une échelle floue

$$(m, \alpha, \beta)_(n, \gamma, \delta) = (m_n, \alpha + \delta, \beta + \gamma)$$

d(a,b)	**A**	**B**	**C**	**D**
A	0	(-20, 30, 20)	(-10, 30, 20)	(20, 40, 30)
B	(20, 20, 30)	0	(10, 20, 20)	(40, 30, 30)
C	(10, 20, 30)	(-10, 20, 20)	0	(30, 30, 30)
D	(-20, 30, 40)	(-40, 30, 30)	(-30, 30, 30)	0

P_j (a, b)



$$\Omega_j(\alpha,\beta) = \Omega_j(d_j) = \begin{cases} 0 & \text{si } (n_c) < q \\ \dfrac{(n,c,d)_q}{p_q} & \text{si } q \le (n_c) \text{ et } (n+d \le p) \\ 1 & \text{si } (n+d) > p \end{cases}$$

P(d(a,b))	A	B	C	D
A	0	0	0	0
B	(1/3, 1/3, 1/2)	0	0	1
C	0	0	0	(1/2, 1/2, 1/2)
D	0	0	0	0

- Indice de Yager

F (m, a, b)= (3m-a+b)

P(d(a,b))	A	B	C	D
A	0	0	0	0
B	7/6	0	0	1
C	0	0	0	3/2
D	0	0	0	0

Critère3 : Nombre de demande de l'avis d'un autre spécialiste

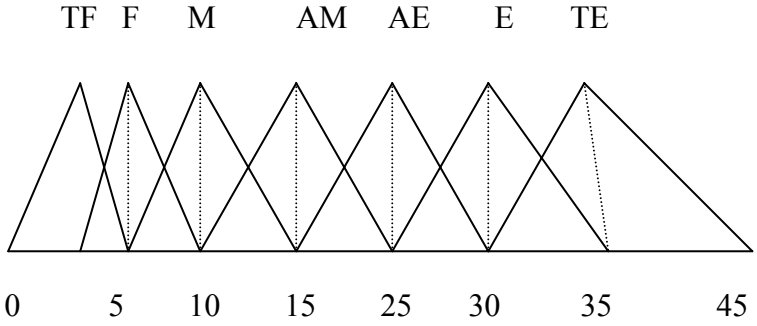


Figure 26: Présentation d'une échelle floue

1 : Très faible [0, 0, 5]

2 : Faible [5, 5, 5]

3 : Assez moyen [10, 10, 5]

4 : Moyen [15, 5, 10]

5 : Assez élevé [25, 10, 5]

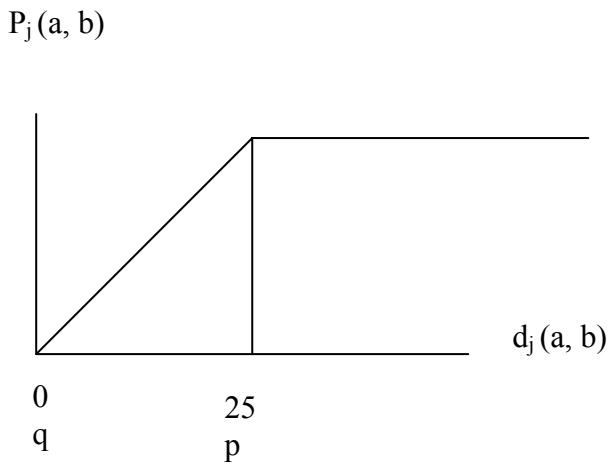
6 : élevé [30, 5, 5]

7 : Très élevé [35, 5, 10]

Opération de soustraction :

$$(m, \alpha, \beta)_(n, \gamma, \delta) = (m_n, \alpha + \delta, \beta + \gamma)$$

P(d(a,b))	A	B	C	D
A	0	[-15, 15, 15]	[-10, 10, 20]	[10, 10, 20]
B	[15, 15, 15]	0	[5, 10, 20]	[25, 10, 20]
C	[10, 20, 10]	[-5, 20, 10]	0	[20, 15, 15]
D	[-10, 20, 10]	[-25, 20, 10]	[-20, 15, 15]	0



$$\Omega_j(\alpha,\beta) = \Omega_j(d_j) = \begin{cases} 0 & \text{si } (n_c) < q \\ \dfrac{(n,c,d)_q}{p_q} & \text{si } q \le (n_c) \text{ et } (n+d \le p) \\ 1 & \text{si } (n+d) > p \end{cases}$$

P(d(a,b))	A	B	C	D
A	0	0	0	[2/5, 2/5, 2/5]
B	[3/5, 3/5, 3/5]	0	0	1
C	0	0	0	1
D	0	0	0	0

Indice de Yager

F (m, a, b)= (3m-a+b)

P(d(a,b))	A	B	C	D
A	0	0	0	2/5
B	3/5	0	0	1
C	0	0	0	1
D	0	0	0	0

	A	B	C	D	φ^+	φ
A	0	0.25	0.25	0.14	0.64	-0.03
B	0.67	0	0	0.75	1.42	0.92
C	0	0	0	0.95	0.95	0.45
D	0	0.25	0.25	0	0.5	-1.34
φ^-	0.67	0.5	0.5	1.84		

Les résultats de la méthode PROMETHEE II Floue donne l'ordre suivant :

1. L'ajout d'un spécialiste en chirurgie générale ;
2. L'ajout d'un spécialiste en orthopédie ;
3. L'ajout d'un médecin de la santé publique formé ;
4. L'ajout d'un médecin généraliste.