

École Nationale Polytechnique



Département de Génie Industriel

THESE DE DOCTORAT D'ETAT EN GENIE INDUSTRIEL

Présentée par :

Yasmina Kerboua Ziari

Ingénieur d'Etat en Electronique & Magister en Génie Industriel

SUJET :

Elaboration d'un Système d'Information Hospitalier couplé
d'un Système Interactif d'Aide à la décision

Application pour :

Le Service d'Oncologie Médicale du Centre Pierre & Marie
Curie d'Alger

Soutenu le : 17 Décembre 2007

Devant le jury d'examen composé de :

A. Boubakeur	Professeur ENP (Alger)	Président
O. Belmokhtar	Professeur ENP (Alger)	Directeur de thèse
L. Kerbache	Professeur HEC Paris (France)	Co-Directeur de thèse
M.S. Radjef	Professeur Université (Béjaia)	Examineur
A. Belkacem-Nacer	Professeur INPS (Alger)	Examineur
K. Atif	Maître de conférence USTHB (Alger)	Examineur
K. Bouzid	Professeur CPMC (Alger)	Invité
A. Khelladi	Professeur Cerit (Alger)	Invité

Le propre de l'erreur, c'est de se croire vérité
Maurice Allais, Prix Nobel d'Economie

REMERCIEMENTS

J'exprime ma profonde reconnaissance et gratitude à :

Monsieur le professeur Laoucine KERBACHE qui a co-dirigé ce travail, je le remercie pour l'enseignement qu'il m'a prodigué et le goût de la recherche pour lequel il m'a initié. Aujourd'hui, j'achève des travaux de thèse, ce qui aurait été très difficile sans son aide.

Mes remerciements au professeur Oumhani Belmokhtar directrice de thèse.

Je tiens également à remercier vivement Monsieur Ahmed BOUBAKEUR, Professeur à l'Ecole Nationale Polytechnique de me faire l'honneur de présider le jury de soutenance de cette thèse.

Que Messieurs les membres du Jury :

BELKACEM- NACER Azzedine professeur à l'INPS Alger

RADJEF Mohamed- Saïd professeur à l'Université Mohamed MIRA Béjaïa

ATIF Karim, Maître de conférences USTHB Alger

Qu'ils trouvent ici l'expression de mes sincères remerciements pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Mes remerciements vont également pour :

Monsieur Abdelazziz OUABDESLAM qui m'a fait découvrir et aimer le domaine du Génie industriel, j'ai pu apprécier ses qualités humaines et professionnelles durant toutes ces années.

Monsieur le professeur Kamel BOUZID du Service d'Oncologie Médicale du Centre Pierre & Marie Curie d'Alger pour son accueil, son esprit scientifique et sa collaboration sans omettre les docteurs Esma KERBOUA-BARAKA et Mohamed OUKKAL.

Le professeur Miloud KADDAR expert à l'OMS pour m'avoir orienté sur la voie des systèmes de santé.

Que le professeur Abdelhakim ARTIBA trouve ici ma profonde gratitude pour m'avoir accueilli dans son Laboratoire GREGI des Faculté Universitaires Catholiques de Mons.

Mes remerciements vont aussi à Madame Diana RAULIER des FUCAM pour son soutien et au professeur Fouad RIANE et à tous les chercheurs du groupe GISEH.

Merci aux professeurs : Gerard DURU, Michel LAMURE de l'Université Claude Bernard Lyon1, Habiba DRIAS Directrice de l'INI, Moncef ABBAS de l'USTHB et en particulier au docteur Latifa HAMAMI de l'ENP pour l'intérêt qu'ils ont manifesté lors de la lecture de cette thèse.

Comment oublier l'Ecole Nationale Polytechnique qui m'a donné une formation de qualité, ainsi que l'Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene qui m'a apporté toujours son aide pour mener à bien ce travail.

Mes remerciements vont également à :

Tous mes collègues de la Faculté de physique, en particulier au professeur Ahcen BOUABDALLAH directeur du laboratoire LTSE et le docteur Ahmed BENZAOUI.

Tous mes collègues du département de recherche opérationnelle de l'USTHB.

Messieurs Mahieddine BOUZIANE du Génie Industriel de l'ENP et Djamel CHAABANE de l'USTHB qui m'ont toujours encouragés.

A tous ceux qui m'ont soutenu et que je n'ai pas cité, qu'ils trouvent ici ma gratitude.

Que toutes ces Femmes et tous ces Hommes du service d'Oncologie Médicale agrément l'expression de mon estime pour le travail difficile mais digne et très honorable qu'ils accomplissent dans la lutte contre le cancer.

A tous ceux qui luttent contre la maladie

Je dédie ce modeste travail

TABLE DES MATIERES

Liste des abréviations	1
Introduction	2
Problématique	6
Chapitre 1 : L'établissement hospitalier Algérien	9
Introduction	9
1.1 Analyse du système de santé Algérien	10
1.1.1 Le contexte de gratuité des soins	11
1.1.2 Le principe d'égalité	12
1.1.3 Le principe de continuité	12
1.1.4 Le principe d'adaptation continue	12
1.2 L'hospitalisation dans le système national de santé	12
1.3 Caractéristiques de l'hôpital algérien	14
1.3.1 Les données démographiques :	15
1.3.2 Les effets de la transition épidémiologique :	15
1.4 Les contraintes et les dysfonctionnements dans le secteur public hospitalier	17
1.4.1 Les contraintes et les dysfonctionnements liés à l'organisation	17
1.4.2 Les contraintes et les dysfonctionnements liés à l'information	17
1.5 L'Etablissement Hospitalier Spécialisé	19
1.6 Les nouveaux instruments de gestion des hôpitaux	20
1.6.1 L'hôpital entreprise	20
1.6.2 La médicalisation des informations	21
1.6.3 Le budget :	21
1.6.4 Le Management public	22
1.6.5 Contrôle de gestion :	22
1.7 Propositions du changement de gestion de l'hôpital algérien	23
Conclusion	25

Chapitre 2 : Généralités sur les systèmes d'information	27
Introduction	27
2.1 Définition et objectifs d'une organisation sociale	27
2.2 Fonctionnement	28
2.3 Approche systémique de l'organisation	28
2.3.1 Le système de décision	32
2.3.1.1 La classification par niveaux de R.N. ANTHONY	32
2.3.1.2 La classification par méthodes de M.S. MORTON.....	33
2.4 Le système d'information	34
2.4.1 Définition	34
2.4.2 Les différentes formes d'information	34
2.4.3 Le traitement de l'information	35
2.4.4 Rôle du système d'information	36
2.4.5 Les méthodes utilisées pour développer les Systèmes d'Information	37
Conclusion	40
Chapitre 3 : Les systèmes d'information hospitaliers	41
Introduction	41
3.1. L'hôpital	41
3.1.1 Définition et structure	41
3.1.2 L'hôpital, machine à information	42
3.1.3 Place du système d'information à l'hôpital	45
3.1.4 Rôle central du dossier du malade	45
3.1.5 Hôpital et informatisation	46
3.1.6 Systèmes informatiques à l'hôpital.....	47
3.2 Système d'information hospitalier (SIH)	47
3.2.1 Définition et rôle	47
3.2.2 Conditions de réussite	48
3.3 Les différentes approches de conception	49
3.3.1 L'approche verticale : approche SIH traditionnelle.....	49
3.3.2 L'approche horizontale	51

3.3.3 L'approche distribuée : verticale et horizontale.....	52
3.4 Langage médical.....	54
3.5 Codifications et Nomenclatures	55
3.5.1 CIM (ICD)	55
3.5.2 SNOMED.....	57
3.5.3 Classification utilisée dans le cancer	58
Conclusion.....	60

Chapitre 4 : Méthodes de conception des systèmes d'informations hospitalier..... 61

Introduction	61
4.1 La méthode d'analyse structurée SADT	61
4.2 Actigrammes et datagrammes.....	62
4.3 La méthode d'analyse structurée SASS	63
4.3.1 Les diagrammes de flux de données	63
4.3.2 Les étapes de la méthode SASS.....	64
4.4 Le modèle entité-association.....	66
4.4.1 Structure.....	66
4.4.2 Contraintes	69
4.4.3 Exemple	70
4.5 Le modèle relationnel binaire.....	71
4.5.1 La méthode NIAM.....	71
4.5.2 Structure et symbolisme.....	72
4.6 L'approche objet	74
4.6.1 Les concepts de modélisation	74
4.6.2 Les concepts d'activation.....	75
4.7 UML.....	77
4.7.1 Origine et présentation.....	77
4.7.2 Modéliser avec UML	78
Conclusion.....	83

Chapitre5 : Conception d'un Système d'Information Hospitalier Pour le Service d'Oncologie Médical du CPMC	84
Introduction	84
5.1 Présentation du Service	84
5.1.1 Présentation du service d'oncologie médicale	85
5.1.2 Traitements du cancer	86
5.2 Etude de l'existant	87
5.2.1 Etude des postes de travail :	87
5.2.2 Etude des documents.....	88
5.3 Etude des flux	91
5.4 Analyse synthétisée du système projeté	93
5.4.1 Solutions organisationnelles	94
5.4.2 Les procédures de travail	94
5.4.3 Les supports d'information	94
5.5 Solution informatique	95
5.5.1 Première solution	98
5.5.2 Deuxième solution.....	96
5.5.3 Troisième solution.....	97
5.6 Modélisation du Système d'Information	99
5.7 Conception du nouveau système	101
5.8 Conception du modèle orienté objet avec le langage UML	102
5.8.1 Définition des besoins des utilisateurs	102
5.8.2 Etude de faisabilité.....	103
5.8.3 Modélisation du métier	104
5.8.3 Diagrammes de séquences	107
5.9 Conception de la base de données	112
5.9.1 Elaboration du schéma conceptuel de la base de données.....	112
Conclusion	116

Chapitre 6 : L'aide à la Décision Médicale	117
Introduction	117
6.1 L'aide à la décision médicale	117
6.1.1 Décision médicale.....	118
6.1.2 L'information médicale	119
6.2 Typologie des systèmes d'aide à la décision en médecine	120
6.2.1 Systèmes d'aide indirecte à la prise de décisions	120
6.2.2 Systèmes de rappels automatiques.....	121
6.2.3 Systèmes consultants	122
6.3 Les différentes méthodes d'aide à la décision médicale	122
6.3.1 Méthodes statistiques	122
6.3.2 Les méthodes algébriques	123
6.3.3 Méthodes neuromimétiques	123
6.3.4 Théorie de la décision	124
6.3.5 Les méthodes utilisant l'Intelligence Artificielle.....	126
6.4 Méthodes utilisant la programmation mathématique	127
6.4.1 Concepts de base de la programmation linéaire multi-objectifs.....	130
6.4.2 Formulation mathématique d'un programme linéaire multio-bjectif en nombres entiers	131
6.4.3 Optimisation "multi-objectif "en nombre entiers.....	132
6.4.4 La notion d'efficacité.....	133
6.5 Méthodes de résolution dans l'espace de critères	135
6.5.1 Méthode de Klein-Hannan.....	135
6.5.2 Méthode de J. SYLVA & A.CREMA	136
6.6 Méthodes de résolution dans l'espace des décisions	140
6.6.1 Méthode I.....	140
6.6.2 Méthode II.....	142
Conclusion	146

Chapitre 7 : Conception d'un Système Interactif d'Aide à la Décision.....	147
Introduction	147
7.1 Le Rôle d'un SIAD	147
7.2 Principe d'un SIAD	149
7.3 Proposition d'un outil d'aide à la décision médicale	151
7.4 Position du problème de décision au service d'oncologie du CPMC.....	151
7.5 Formulation du problème.....	153
7.6 Choix de la méthode de résolution.....	154
7.7 Modélisation du problème	154
7.8 L'application.....	157
7.9 Validation de la méthode adoptée.....	160
7.9.1 Test1 [ABBAS et MOULAI 1999].....	161
7.9.2 Test2 [ABBAS & CHAABANE 2002]	163
7.9.3 Test3 [SYLVA & CREMA 2004]	165
7.9.4 Analyse des résultats.....	166
7.10 Conception de l'Interface Utilisateur	167
7.11 Test et mise en place.....	170
7.12 Sécurité du système	171
Conclusion.....	172
Conclusion générale.....	173

Bibliographie

Liste des figures

Liste des tableaux

Annexes

LISTE DES ABREVIATIONS

Abréviations	Signification
Anapath	Anatomo-pathologique
ASCII	American Standard code for information interchange
BD	Base de données
BT	Bilirubine totale
CHU	Centre hospitalo-universitaire
CIM	Classification internationale des maladies
CIM-0 90	Classification internationale des maladies oncologie
CIM	Classification internationale des maladies
CPMC	Centre Pierre et Marie Curie
DCI	Dénomination commune internationale
DI	Dossier individuel
EHS	Etablissement Hospitalier Spécialisé
EXPL	Exemple
E/S	Entée et sortie
F	Feuille
FTR	Fiche individuelle des rendez-vous
HDJ	Hôpital de jour
INTERNET	International Network (Réseau international)
J	Jour
MA	Maître assistant
MAJ	Mise à jour
MCD	Modèle conceptuel des données
MCT	Modèle conceptuel des traitements
MLD	Modèle logique des données
MOT	Modèle organisationnel des traitements
MopT	Modèle opérationnel des traitements
MPD	Modèle physique des données
OMS	Organisation mondiale de santé
RDV	Rendez-vous
RDVH	Rendez-vous d'hospitalisation
RDVC	Rendez-vous de consultation
RDVCTR	Rendez-vous de contrôle
S.G.B.D	Système de gestion de base de données
SI	Système d'information
SOM	Service d'oncologie Médicale
TNM	Tumeur Nodes Métastase

Introduction générale

Depuis toujours la médecine se réfère à de nobles percepts moraux et humanitaires de respect de la vie et de dignité de la personne humaine. « Il n'y a pas de facture en médecine ».

Si la santé n'a pas de prix, sa défaillance est liée à son coût. Actuellement la santé est largement critiquée. Une médiatisation qui trouve ses justifications dans le mécontentement de l'utilisateur, les revendications et les contestations des professionnels de la santé ainsi qu'à travers les plaintes répétées des gestionnaires, plaintes relatives aux lourdeurs et aux contraintes imposées par le mode de gestion.

Les dépenses de santé atteignent en Algérie 5 à 6% du PIB [MSRH 2000].

Une telle préoccupation a abouti à la naissance d'une nouvelle branche de gestion des systèmes de santé dont sont dotés la plupart des pays dits industrialisés (health system aux U.S.A).

Avec quelques années de retard sur le milieu industriel, les hôpitaux se rendent progressivement compte de la nécessité d'implanter un système d'information ; ils réalisent que la maîtrise des flux informationnels concernant le patient améliore leur sécurité et qu'un système d'information peut s'avérer un outil pour décloisonner une organisation caractérisée par des problèmes de communication entre les différents services mais également à l'intérieur de ces services eux-mêmes.

Ainsi, les Systèmes d'Informations Hospitaliers (SIH) connaissent de nombreuses évolutions depuis quelques années dans les pays industrialisés notamment aux USA.

Aujourd'hui on ne se pose même plus la question de savoir s'il y a ou pas intérêt à informatiser les services médicaux.

La mise en place de système d'information hospitalier permet une utilisation optimale des moyens matériels et humains mis à la disposition de l'institution hospitalière en améliorant son efficacité et son efficience, en assurant un meilleur confort dans l'activité de tous les jours et, de ce fait assurer les moyens de pratiquer une médecine plus performante.

L'un des problèmes de la médecine moderne est l'inflation et la surabondance des données relatives à la connaissance médicale, des dizaines de milliers de termes et de références médicales, une manipulation de milliers de drogues.

Il est donc clair que le problème crucial auquel doit faire face la médecine est celui de la maîtrise de l'information dans tous ses aspects et à tous les stades : recueil, traitement, archivage, sélection, évaluation....

Nos travaux de recherche au niveau du laboratoire d'Analyse et d'Optimisation des Systèmes Industriels de l'Ecole Nationale Polytechnique sont axés principalement sur la conception et le développement de système d'information, dans ce cadre nous nous proposons de réaliser un système d'information hospitalier couplé d'un système interactif d'aide à la décision. Il a pour objet de faciliter la manipulation de l'ensemble des données médicales d'un Etablissement Hospitalier Spécialisé en vue de réduire le temps de traitement du dossier médical.

A l'hôpital, comme dans toute organisation sociale, il est nécessaire que l'informatique entre dans le traitement des données pour améliorer la qualité de service et réduire les délais de prise en charge des malades.

C'est dans cette optique que nous avons réalisé cette étude pour le service d'Oncologie Médicale du Centre Pierre et Marie Curie à l'hôpital Mustapha Bacha d'Alger.

Notre document est structuré en trois parties :

La partie A fait une présentation de l'Etablissement Hospitalier, par une étude de l'existant et introduit la nécessaire utilisation des systèmes d'informations hospitaliers.

Cette partie est structurée en 3 chapitres.

- Dans le chapitre1, nous procédons à un examen approfondi du système de santé Algérien afin de faire ressortir les sources de dysfonctionnement.

- Le chapitre2, est consacré à l'étude et la synthèse des caractéristiques des systèmes d'information en général. Cette étude permettra de définir le rôle d'un système d'information en tant qu'outil de gestion et d'aide à la décision dans une organisation sociale.

- Le chapitre3 portera sur une étude des systèmes d'informations hospitaliers, leur utilisation dans la gestion hospitalière et les différentes approches de développement.

Dans la partie B, nous exposerons le processus de conception des systèmes d'information hospitalier du point de vue aspects méthodologique, conceptuel et technique. Cette partie est divisée en trois chapitres.

Dans le chapitre 4, nous effectuons un bref rappel sur les modèles de bases de données et les différents niveaux de modélisation des systèmes d'information et par conséquent les systèmes d'information hospitalier.

Le chapitre 5 terminera cette partie, dans lequel nous présentons notre propre contribution qui consiste en la conception du modèle orientée objets en utilisant le langage UML.

La partie C est composée de deux chapitres, l'établissement objet de notre étude étant spécialisé dans la lutte contre le cancer, nécessite un budget important pour son fonctionnement. Les médecins, lorsqu'ils doivent prescrire un traitement se trouvent très souvent dans un dilemme : respecter la déontologie médicale (le serment d'Hippocrate) et suivre les directives de l'administration qui se résument à amoindrir les dépenses. Choisir

parmi les protocoles disponibles, celui qui « convient » le mieux est un véritable problème de décision qu'ils souhaitent pouvoir résoudre de manière rationnelle par le biais d'outils d'aide à la décision.

Dans le chapitre 6 et à la lumière de ce qu'offre l'état de l'art dans le domaine de la décision médicale nous modéliserons le problème et nous apporterons une contribution modeste aux Systèmes d'Informations Hospitaliers en intégrant un Système d'aide à la décision médicale et ce en utilisant une méthode se basant sur la résolution des problèmes d'optimisation multi-objectifs linéaires en nombres entiers (Multiple Objective Integer Linear Programming) notés MOILP.

Le chapitre 7 portera sur la mise en œuvre du système d'information hospitalier pour le Service d'Oncologie Médicale du Centre Pierre et Marie Curie d'Alger. Nous présenterons également la faisabilité du système.

Nous parachevons l'ensemble par une discussion et une conclusion générale et des perspectives d'avenir.

Problématique

PROBLÉMATIQUE

Situé au sein du Centre Pierre et Marie Curie du C.H.U. Mustapha d'Alger, le service d'Oncologie Médicale est l'un des principaux centres de prise en charge des malades cancéreux en Algérie, il fut créé en 1958. C'est également un établissement d'enseignement et de recherche. Il est subdivisé en plusieurs unités :

- L'unité Hôpital du Jour,
- L'unité d'oncopédiatrie,
- L'unité de sénologie,
- L'unité de gynécologie,
- L'unité tête et cou,
- L'unité Homme,
- L'unité d'oncodigestive,
- L'unité stérile.

En périphérie de ces unités fonctionnelles, on trouve celles dites médicotecniques (laboratoires, centres d'imagerie, radiodiagnostic, etc.) qui ne sont pas du service mais qui travaillent en étroite collaboration avec celui-ci.

On y rencontre un personnel composé de médicaux (médecins oncologues), de paramédicaux (infirmiers, psychologues, archivistes, secrétaires) pour ce qui est de l'activité médicale et médico-administrative. L'activité purement administrative est assurée par la direction du Centre en collaboration avec les différents services sous tutelle.

Du fait de son envergure nationale, ce service reçoit chaque année plus de deux mille nouveaux patients venant de tous les coins de l'Algérie. Cela revient à la création d'autant de dossiers médicaux chaque année (ils en sont aujourd'hui à plus de vingt mille).

Le dossier médical est un élément fondamental de la prise en charge d'un malade. C'est un Outil de mémorisation, de communication et le support du processus de décision. Différents Acteurs (médecins, infirmières) utilisent ce dossier. Constamment mis à jour, il répond à plusieurs besoins :

- outil de suivi du malade ;
- outil de synthèse de la démarche de soins ;
- outil médico-légal ;
- outil de communication entre les différents intervenants ;
- outil de recherche clinique, d'étude épidémiologique ou d'évaluation des soins ;
- outil de gestion hospitalière ;
- outil d'enseignement.

Cet instrument fondamental fait ainsi partie intégrante de l'acte de soins.

Le dossier du malade médical (au sens large) comprend en général :

- l'identification du malade et ses coordonnées administratives ;
- le résultat de l'examen clinique initial et des examens successifs ;
- les résultats d'examens para-cliniques ;
- le ou les éventuels compte-rendus opératoires ;
- les prescriptions d'ordre thérapeutique ;
- le dossier de soins infirmiers comportant les données de surveillance et les consignes de transmission ;

- le compte-rendu d'hospitalisation ;
- les prescriptions établies à la sortie.

Au service d'Oncologie du CPMC, il se pose malheureusement depuis quelques années un sérieux problème de stockage des dossiers des malades. L'établissement étant à vocation d'enseignement et de recherche, ne peut se permettre de détruire les dossiers des malades décédés même s'il y a une proportion dépassant nettement les vingt pour cent de malades qui sont perdus de vue par an. Garder tous ces dossiers exige de posséder l'espace suffisant pour le faire, or ceci risque de n'être plus le cas dans peu de temps.

La recherche d'un dossier est une tâche difficile surtout lorsque seul le nom du patient est connu .

La mise en œuvre d'un Système d'Information couplé d'un Système Interactif d'Aide à la Décision thérapeutique permettra une meilleure organisation et une automatisation du flux d'information ce qui se traduira par une :

- Gestion optimisée des dossiers médicaux,
- Optimisation des décisions thérapeutiques en cancérologie,
- Evaluation de la qualité de l'activité médicale,
- Diminution du coût du traitement.

Chapitre 1

Chapitre1 : L'établissement hospitalier algérien

Introduction

La santé de la population d'un pays et son développement économique vont de pair. L'organisation hospitalière est actuellement dans une phase de transition entre un système économique dirigé et l'introduction d'une économie de marché. Ainsi, Les insuffisances qui caractérisent l'organisation, la gestion, et le financement des structures publiques de santé ont amené le gouvernement à inscrire la réforme hospitalière parmi ses priorités d'action [MSRH 2000].

La réforme hospitalière se doit d'être une nécessité impérieuse. Elle se doit, tout en veillant à la consolidation des acquis que sont la solidarité, l'équité et l'accessibilité au service de soins, d'apporter les correctifs indispensables pour une réelle adaptation de nos structures de santé aux changements socio-économiques que connaît le pays.

La nécessité de réformer au plus vite le système de santé est devenue évidente et ce en introduisant des méthodes de gestion modernes.

L'objet de ce chapitre est l'étude de l'hôpital algérien et la proposition d'outils d'aide à la décision aux gestionnaires hospitaliers. Ils leur permettant de répondre aux nouveaux besoins de santé dans un nouveau contexte économique (mondialisation, concurrence).

1.1 Analyse du système de santé Algérien

Les systèmes de santé connaissent de nombreux bouleversements depuis le début des années 80 [LAMRI 1986, PALLIER 2004]. L'Algérie n'échappe pas à ce mouvement. Bien plus, la crise qu'elle affronte semble plus complexe à résoudre, car son système de santé ressemble à la fois à celui des pays pauvres et à celui des pays industrialisés. La comparaison des indicateurs de santé en Algérie, avec ceux des autres pays à revenu comparable et ceux des pays industrialisés fait ressortir quelques réalités. Elle apparaît dans le graphe 1.1 :

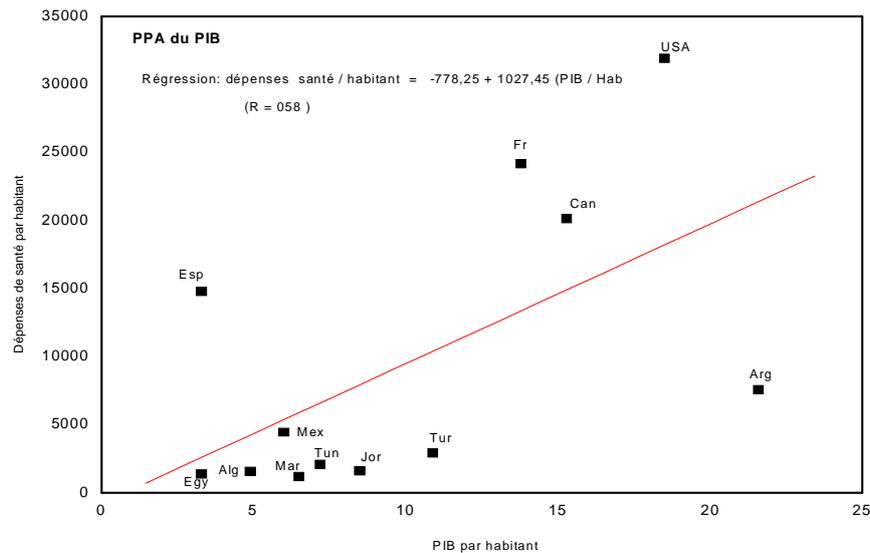


Figure 1.1 : Dépenses de santé en fonction du PIB

Bien que L'Algérie dépense une grande part de son PIB à la santé, son système de santé est en crise. Les dépenses de santé représentent 4.9 % du PIB, soit un pourcentage des plus bas parmi ceux des pays ayant un développement économique similaire (6.5% du PIB pour le

Maroc, 7.2% pour la Tunisie) ainsi que par rapport aux pays industrialisés (13.8% % pour la France, 18.5 % pour les USA). Il est donc impératif que des réformes soient mises en place, pour cela inspirons-nous d'autres expériences.

Chaque système de santé est organisé selon une logique qui lui est propre par exemple

- Le système Américain privilégie la recherche et la haute technologie, suréquipé il absorbe 18.5% du PIB, alors qu'il néglige 10% de la population.

- le système anglais est depuis 1947 un système national de santé, il connaît des réussites notoires dans le domaine de la recherche biomédicale. Ce système absorbe 6% du PIB mais étant sous-équipé il se traduit par des attentes sont souvent longues.

- le système Français est un compromis entre le système américain et le système anglais.

Il absorbe 13.8 % du PIB

Avant toutes propositions de changements, analysons tout d'abord le système de santé algérien qui a pour objectif de prendre totalement en charge le patient.

1.1.1 Le contexte de gratuité des soins

Le projet d'instaurer la « médecine gratuite pour tous est inscrit dans tous les textes doctrinaux de la révolution Algérienne [OUFRIHA 1992].

Le service hospitalier obéit à une idée fondamentale, les établissements qui assurent le service public hospitalier sont ouverts à toute personne dont l'état requiert ses services. Cette idée se trouve dans les trois principes qui s'appliquent à tout service public [OUFRIHA 1992], à savoir, les principes d'égalité, de continuité et d'adaptation continue.

1.1.2 Le principe d'égalité

L'établissement public hospitalier ne peut établir aucune discrimination entre les malades en ce qui concerne les soins, il ne peut organiser des régimes d'hébergement différents selon la volonté exprimée par les malades que dans les limites et selon les modalités prévues par les textes législatifs et réglementaires. Il convient donc de distinguer deux aspects de l'égalité :

- l'égalité dans les soins qui est absolue, quelque soit la situation du malade,
- l'égalité dans l'hébergement selon un régime commun

1.1.3 Le principe de continuité

Les établissements qui assurent le service public doivent être en mesure d'accueillir les malades de jour et de nuit. L'admission des malades doit être assurée en permanence, ce principe impose à l'établissement un service minimum particulièrement les jours de grève. La continuité des services d'urgence notamment est impérieuse ; ils doivent être organisés dans chaque établissement soit par la création d'un service spécialisé, soit par une organisation et une coordination particulière des moyens dont dispose l'établissement.

1.1.4 Le principe d'adaptation continue

Le service hospitalier doit s'adapter en permanence aux besoins de la population tels qu'ils résultent des mouvements démographiques ou de l'évolution de son état sanitaire.

1.2 L'hospitalisation dans le système national de santé

Avec ses 13 centres hospitalo-universitaires (CHU), ses 31 établissements hospitaliers spécialisés (EHS) et ses 185 secteurs sanitaires (SS) d'une capacité totale de 52 500 lits répartis sur l'ensemble du territoire national, le secteur public hospitalier est à l'évidence le

secteur essentiel et incontournable dans toute politique de protection, de promotion de la santé et d'offre équitable de soins primaires, secondaires et tertiaires (voir figure 1.2) pour une population de 31.2666 millions d'habitants.

On compte actuellement dans le secteur public 49.270 praticiens médicaux, avec une densité d'un médecin pour 900 habitants, 87.084 paramédicaux, avec une densité d'un paramédical pour 673 habitants, 13.433 agents administratifs et 44.777 agents techniques et de service, ce qui est illustré par le graphe suivant :

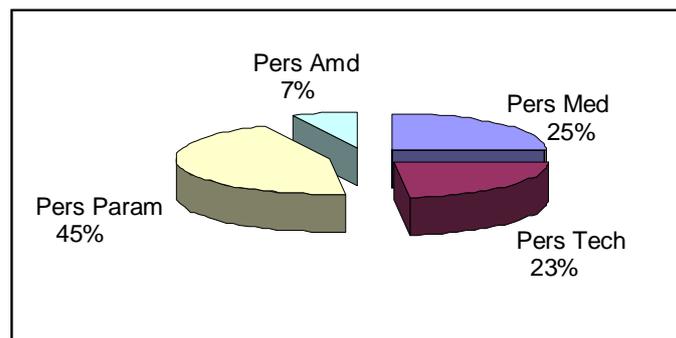


Figure 1.2 : Répartition du personnel

Les derniers chiffres publiés par le Ministère de santé [MSRH 2000], montrent que cette répartition est très inégale à travers le pays, puisque la majorité de ces agents se trouvent au nord.

Dans le système de santé algérien cohabitent trois secteurs de santé (figure1.3) ce sont :

- Le secteur parapublique (HCA, Clinique , DGSN....)qui représente 0.5% du personnel médical ;

- Le secteur public où cohabitent trois modes d'organisations et de fonctionnement :

Le secteur sanitaire, le centre hospitalo-universitaire et l'établissement hospitalier spécialisé :

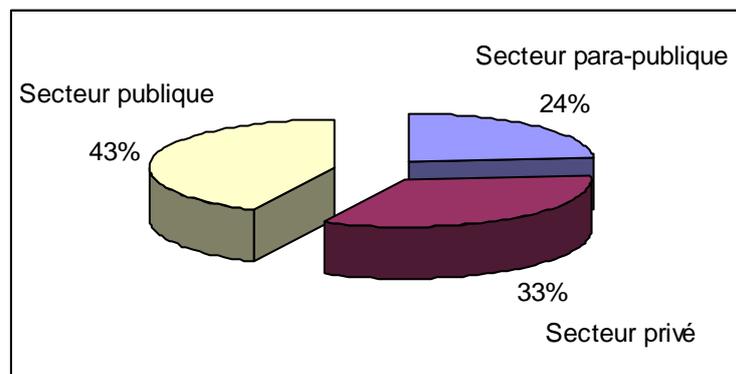


Figure1.3 : Répartition du système de santé Algérien

1.3 Caractéristiques de l'hôpital algérien

Les hôpitaux publics constituent un élément essentiel de l'appareil de protection sociale [CHARTE1998, OUCHTATI 2004a], par l'importance de leur rôle dans la santé publique et des moyens budgétaires et humains qui y sont investis. Pourtant, depuis quelques années, du fait de l'aggravation des déficits, les hôpitaux sont de plus en plus critiqués tant par les usagers que par les experts et les professionnels de santé. On leur reproche une dégradation de

la qualité des soins, au regard notamment des exigences croissantes des patients et dans le même temps, il leur est demandé de réduire leurs coûts de fonctionnement, ce qui contribue à l'augmentation des déficits budgétaires et à leur endettement.

1.3.1 Les données démographiques

Deux indicateurs paraissent fondamentaux. L'espérance de vie est passée de 52,6 ans en 1970 à 70,7 ans en 2001 [RAP 2003]. En parallèle, on a assisté depuis le début des années 90 à une diminution de l'accroissement démographique qui a chuté de près de moitié. Ces deux phénomènes conjugués ont eu pour résultat une modification de la pyramide des âges. En effet, si les moins de vingt ans constituent encore une part importante de la population algérienne, pour la première fois depuis l'indépendance, ils ne représentent que 50 % de la population. Les conséquences directes en terme de santé vont se traduire par une augmentation des pathologies liées à l'âge (affections cardiovasculaires, cancers, ...) et par l'émergence d'une pathologie gériatrique dont il faudra prévoir la prise en charge et ce d'autant qu'elle nécessite souvent des soins spécialisés spécifiques.

1.3.2 Les effets de la transition épidémiologique

Pendant longtemps, la situation sanitaire prévalente en Algérie a été dominée par les maladies transmissibles. L'effort consenti en matière de couverture vaccinale contre la poliomyélite, la diphtérie, le tétanos, la coqueluche et la rougeole a permis de réduire la morbidité et la mortalité liées à ces maladies. On assiste, depuis une vingtaine d'années, à une modification des problèmes de santé donnant une place de plus en plus grande aux maladies non transmissibles.

Sur la base des données démographiques, économiques, sociales et épidémiologiques actuelles et prédictives, il est fortement probable, dans les années à venir, que les structures d'hospitalisation seront encore plus sollicitées pour la prise en charge :

- des maladies à transmission hydrique et des zoonoses, des maladies sexuellement transmissibles et du SIDA, des hépatites virales, de la tuberculose, des infections respiratoires aiguës et des méningites purulentes ;
- des affections cardio-vasculaires. En l'an 2000, un décès sur trois est attribué aux maladies cardio-vasculaires ;
- du diabète et de ses complications, notamment rénales et ophtalmiques. On peut estimer à plus de trois millions de sujets les personnes qui souffriront de diabète en 2010 ;
- des maladies respiratoires chroniques, dont l'asthme qui est en pleine extension et qui touche actuellement près de 600 000 personnes ;
- de l'insuffisance rénale chronique, dont le nombre augmente de 500 cas par an et nous mènera à l'horizon 2010 autour de 10 000 malades à prendre en charge ;
- des cancers. Il est attendu, à l'orée de l'année 2010 entre 15 000 et 30 000 nouveaux cas de cancer chaque année en Algérie. Les centres anticancéreux existants arrivent difficilement à répondre à la demande actuelle au vu du diagnostic tardif de ces affections. Ce sont des hospitalisations longues et très coûteuses.

Les capacités d'accueil actuelles des structures hospitalières sont insuffisantes. Cette situation ne pourrait être maîtrisée que si les hôpitaux publics sont assainis et préparés à ces nouveaux défis. Une nouvelle approche de la prévention (maladies transmissibles et non transmissibles) allégerait la charge financière à terme mais resterait en tout état de cause financièrement

lourde. Le poids financier que représente la prise en charge de ces nouvelles pathologies ne pourra être supporté si les hôpitaux continuent de souffrir des dysfonctionnements actuels.

La réorganisation, l'amélioration de la gestion et

1.4 Les contraintes et les dysfonctionnements dans le secteur public hospitalier

1.4.1 Les contraintes et les dysfonctionnements liés à l'organisation

L'évolution de l'hôpital est majoritairement centrifuge si bien que sa légitimité se construit autant à sa périphérie qu'en son centre. Qu'il s'agisse de Santé Publique dont les priorités sont décidées au niveau national par des experts, ou du respect des enveloppes budgétaires fixées d'abord par le Parlement et le ministère de tutelle, la marge de manœuvre de l'hôpital demeure étroite. Les outils de gestion restent fondamentalement centrés sur une conception fermée de l'établissement.

Une étude du système de santé a révélé deux constats communs [RAP 2003]: d'une part, le mode de régulation actuelle des hôpitaux s'avère dépassé, et d'autre part, des changements sont aujourd'hui nécessaires.

1.4.2 Les contraintes et les dysfonctionnements liés à l'information

Le système actuel d'information ne nous renseigne que partiellement sur l'ampleur de la réalité de la demande de soins et sur la qualité des prestations sanitaires fournies à la population. Il est donc nécessaire de définir, de concevoir et de mettre en place un système d'information fiable et d'en préciser les objectifs en vue de fournir les outils indispensables à

la prise de décision. L'urgence de la mise en place de ce système s'explique en outre par le fait qu'il couvre l'ensemble des domaines du système de santé dont notamment :

- la gestion administrative et financière ;
- la gestion des activités médicales et non médicales ;
- la gestion des médicaments et des consommables ;
- la gestion des équipements médicaux et non médicaux ;
- la gestion des personnels ;
- la gestion des plateaux techniques ;
- la gestion du circuit des malades.
- Bureau des entrées pas encore totalement opérationnel ;
- Registres et supports d'enregistrement défectueux ;
- Personnels peu formés à la codification et à la classification internationale des maladies ;
- Mauvaise tenue du dossier médical et des comptes rendus médicaux ;
- Inadaptation de certains registres administratifs

Les mesures urgentes seraient de :

- rétablir les supports et les réflexes de transcription obligatoire des tâches accomplies, médicales ou non médicales, c'est le cas notamment de la tenue du dossier du malade, du suivi du malade à l'intérieur de l'hôpital (fiche navette...), des différents registres, des résumés de sortie ou des comptes rendus d'intervention ;
 - identifier les domaines à informatiser, le rythme de l'informatisation de ceux-ci et ce, concomitamment au développement des formations nécessaires ;
-

- créer des structures nationale et régionales chargées de la mise en place du système d'information et dotées de tous les moyens nécessaires à l'accomplissement de leurs missions ;
- mettre en place les moyens permettant d'assurer la connexion entre les établissements de santé dans une même région et entre les régions sanitaires.

Vu que notre étude a été réalisée dans un établissement hospitalier spécialisé développons dans la partie suivante ce type d'hôpital en Algérie.

1.5 L'Etablissement Hospitalier Spécialisé

L'établissement hospitalier spécialisé (EHS) [JO N°81,97,98] est un établissement public à caractère administratif, doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière.

Il est créé par décret exécutif sur proposition du ministre chargé de la santé après avis du wali et placé sous la tutelle du wali du siège de l'établissement. L'EHS est constitué d'une ou de plusieurs structures destinées à la prise en charge :

- d'une maladie déterminée ;
- de l'affection d'un appareil ou d'un système organique donné ;
- d'un groupe d'âge déterminé.

La dénomination de l'EHS comprend la spécialité correspondante aux activités qui y sont assurées, dans son domaine d'activité, l'établissement hospitalier spécialisé a notamment pour tâches :

- la mise en œuvre des activités de prévention, de diagnostic de soins de réadaptation médicale et d'hospitalisation ;
-

- Comme terrain de formation paramédicale et en gestion hospitalière sur la base de conventions signées avec l'établissement de formation ;
- L'EHS ou une partie de ses structures peut être agréée selon les modalités fixées par arrêté conjoint du ministère chargé de la santé et du ministère chargé de l'enseignement supérieur pour assurer des activités hospitalo-universitaires ;
- L'EHS est administré par un conseil d'administration et dirigé par un directeur. Il est doté d'un organe consultatif dénommé « conseil médical ». Cette organisation est fixé par un arrêté interministériel [MSRH 1997].

1.6 Les nouveaux instruments de gestion des hôpitaux

L'hôpital doit avoir la même vision que l'entreprise, [OUCHTATI2004b MOISDON 1999], c'est-à-dire minimiser ses coûts et augmenter la qualité de ses services.

1.6.1 L'hôpital entreprise

Peut-on assimiler l'hôpital à une entreprise et bénéficier des outils de gestion de celle-ci ?

L'hôpital occupe [WADE 2003, BEYE 1999] incontestablement une place importante dans l'environnement économique.

- En tant qu'employeur, vu l'importance de la main-d'œuvre qu'il mobilise, en nombre et avec une qualification toujours importante ;
- En tant que consommateur de biens divers, d'équipements et de matériel médical ;
- En tant que consommateur de ressources financières importantes.

Sur le plan strictement économique, tout comme l'entreprise, l'hôpital met en œuvre divers types de facteurs de production pour obtenir une multiplicité de services-produits. Mais dans le cas des établissements hospitaliers la loi de l'offre et de la demande ne s'applique pas.

L'offre dépend en grande partie de la planification hospitalière.

La demande est très aléatoire ; celle-ci dépend de l'hospitalisation, le prix échappe au contrôle des gestionnaires, vu la gratuité des soins.

L'hôpital ne vend pas ses prestations, il a ses caractéristiques propres qui nécessitent l'adaptation des principes de gestion à la réalité hospitalière. Les objectifs de l'hôpital doivent respecter le cadre politique défini par le Ministère de la santé, à savoir l'optimisation de l'efficacité, la minimisation des coûts et l'accroissement de l'efficience.

Nous considérons que l'hôpital se présente comme une entreprise publique qui doit être bien gérée, dans ce contexte, la gestion d'entreprise peut servir de modèle et de référence pour ouvrir de nouveaux horizons et proposer des méthodes et des outils de gestion à la disposition du décideur hospitalier. Les Américains se sont inspirés des systèmes d'évaluation de l'activité utilisée en entreprise pour mettre en place un nouveau système de santé qui s'est avéré performant tel que :

1.6.2 La médicalisation des informations

La méthode consiste à mesurer l'activité de l'hôpital par le nombre de malade appartenant à des catégories significatives du point de vue de la pathologie et du coût [PMSI]. On peut ainsi établir une relation entre la maladie et son coût. il faut dans un premier temps élaborer une base de données en créant des « résumés de sortie standardisés » (RSS) pour chaque malade où figureront des données médicales et économiques. Puis dans un deuxième temps, classer les malades dans des groupes homogènes (GHM). Sur le plan statistique, on aura ainsi un coût

standard par diagnostic. Le coût réel pour chaque malade pourra être comparé à ce coût standard.

1.6.3 Le budget

Le budget est défini comme le document prévisionnel exprimant la valorisation monétaire de la politique poursuivie par l'établissement. Le contrôle budgétaire est l'expression d'objectifs, en tenant compte de certaines contraintes (environnementales, financières, etc.). Sa fonction est de planifier et de permettre un contrôle constant, permettant d'effectuer à temps les redressements nécessaires.

- **Première phase** : Prévoir sur base de données passées et/ou de prévisions et/ou de standards;

- **Deuxième phase** : Contrôler sur base de statistiques et de comptabilité, selon une certaine périodicité, afin d'apporter les corrections nécessaires à temps pour ne pas dépenser plus que prévu ; ce contrôle budgétaire nécessite un suivi régulier, une collaboration étroite entre gestionnaire et cadres responsables des divers services.

1.6.4 Le Management public

Les chefs de service doivent s'intéresser aux problèmes de gestion [MOISDON 1999, WADE 2003], non pas uniquement par rapport aux budgets alloués à son activité, mais aussi pour la conception et le suivi de la réalisation des objectifs, et l'application des principes de gestion et d'efficacité des entreprises à la gestion des hôpitaux, dans ce cas on parle de management public.

1.6.5 Contrôle de gestion

L'objectif poursuivi est l'amélioration de la performance, mais pour faire face à la complexité de l'hôpital, le gestionnaire doit faire appel à des outils de gestion de plus en plus rationnels. On cherche à maîtriser le fonctionnement et à contrôler la gestion (plutôt que de la subir). C'est pourquoi l'accent doit être mis sur l'information. Le système d'information doit être structuré, complet, cohérent et adéquat. Les critères qui doivent être choisis pour évaluer la performance porteront, non seulement sur des paramètres quantitatifs, mais aussi qualitatifs tels que :

- Le coût par élément constitutif le plus précis ;
- L'activité avec des indicateurs les plus fiables possibles ;
- La structure de la population soignée (données sociologiques sur les patients, sur les pathologies) ;
- Les moyens employés, humains et matériels ;
- La qualité du travail, mais aussi des résultats obtenus par les soins ;
- La structure physique et organisationnelle de l'établissement.

Tous ces paramètres sont complémentaires dans l'appréciation correcte de l'évaluation de la performance souhaitée.

1.7 Propositions du changement de gestion de l'hôpital algérien

Depuis de nombreuses années, l'hôpital fait des efforts pour s'adapter, évoluer, améliorer sa gestion. Il doit poursuivre ses efforts autour de trois objectifs majeurs : adapter l'offre aux besoins, améliorer la qualité des soins et réduire les inégalités d'accès aux soins. Il doit tendre

vers la réduction des dysfonctionnements constatés qui bloquent son évolution. En effet, au sein des services de santé, il n'y a que peu d'articulation.

Tout d'abord, il est nécessaire qu'une réflexion commune soit menée en amont avec les deux mondes de l'hôpital (le monde médical et le monde administratif, infirmier et technique), ayant abouti à une base minimale de définition d'objectifs communs. Nous proposons les changements suivants :

- le découpage en centres de responsabilité doit être réaliste et homogène en terme de processus ;
 - nous penchons pour les regroupements des services plus ou moins homogènes en terme de métier pour constituer un centre de responsabilité ;
 - les dirigeants administratifs soignants et médicaux doivent être convaincus que le système actuel est dépassé par rapport aux contraintes nouvelles de l'environnement, de ce fait, il est incontournable d'intégrer la dimension économique du soin, mais aussi de l'administration et de la logistique des pratiques quotidiennes ;
 - passer d'une comptabilité souvent opaque à une lecture transparente, notamment dans les répartitions du budget sanitaire et social ;
 - disposition d'une comptabilité analytique solide pour effectuer les évaluations et les simulations de budget par centre de responsabilité sur des bases incontestables ;
 - développer une pratique participative et renégocier les objectifs budgétaires, alors que bien souvent elle est descendante et imposée.
 - mettre en place un système d'information qui permettra de favoriser la coordination des soins, d'encourager l'émergence de nouvelles modalités d'exercice pour les professionnels de santé et de répondre aux nouveaux droits du patient ;
-

- c'est une évidence de souligner qu'une gestion responsable implique une information fiable et immédiate, d'où la nécessité de mettre en place des outils d'aide à la décision qui permettront de disposer en permanence d'informations nécessaires à leur prise de décision ;
- l'évolution des mentalités et des métiers est incontournable, on ne débouche pas d'une façon spontanée sur un consensus général quant à la nécessaire évolution de l'hôpital.

A l'hôpital on peut schématiser la relation entre pouvoir de décision et information de la manière suivante [SIMON 1955].

- celui qui a plus de pouvoir de décision n'est pas forcément celui qui a le plus d'information pour décider;
- celui qui détient l'information n'est pas le plus souvent en position de décideur.

Conclusion

« La santé n'a pas de prix....mais le Ministère de la santé a un budget »

Cette constatation a donné l'impulsion au management public, c'est à dire à l'application des principes de gestion et d'efficacité des entreprises à la gestion des hôpitaux des pays développés.

Il est indéniable que le système national de santé a pu, malgré les insuffisances recensées, réaliser certains objectifs notamment en investissements et en personnels, mais il reste à prendre des dispositions au niveau organisationnel et opérationnel pour faire face aux problèmes posés, et ce en :

- mettant en œuvre un système de traitement ayant l'information comme matière première ce sont les aspects « managériales » de l'information qui constituent une base à tout système d'information ;
-

- en développant des programmes visant à améliorer la qualité des soins et le bon usage de la technologie. Les objectifs de ces programmes seront fixés et leurs résultats évalués en termes d'état de santé, de qualité de vie, de satisfaction des malades et de coût ;

-identifiant les domaines à informatiser, le rythme de l'informatisation de ceux-ci ;

- créant des structures nationale et régionales chargées de la mise en place d'un système d'information et dotées de tous les moyens nécessaires à l'accomplissement de leurs missions.

- en incitant les soignants et les gestionnaires à de tels programmes par la communication d'informations sur les meilleurs résultats obtenus et les méthodes pour les obtenir ;

Notre contribution à travers cette thèse consiste à mettre en place un système d'information hospitalier et offrir ainsi aux responsables du secteur un outil d'aide à la prise de décision médicale.

Chapitre 2

Chapitre2 : Généralités sur les systèmes d'information

Introduction

L'émergence et l'importance de la théorie des systèmes dans les organisations doivent beaucoup à la mise en évidence de leur système d'information. L'objet de ce chapitre est l'étude des Systèmes d'Information (SI) dans un cadre général. Il s'agit de décrire leur structure et leur fonctionnement, ainsi que l'étude de quelques méthodes des utilisées.

2.1 Définition et objectifs d'une organisation sociale

Une organisation sociale (une entreprise, une université, un ministère, un hôpital, un club sportif,...) est un groupement humain hiérarchisé mettant en œuvre des moyens intellectuels, physiques et financiers [OUCHTATI2004b, MOISDON 1999] , pour réaliser des buts bien déterminés en faisant appel à des degrés divers, aux mobiles de profit et de service.

Nous notons d'une part que la hiérarchisation de la structure d'une organisation varie selon sa taille et son domaine d'activité et d'autre part que ses objectifs se situent à des horizons divers ; objectifs dont [MELESE 1984] a défini l'ensemble comme une arborescence à trois niveaux :

- Les objectifs à long terme ou *finalités* qui expriment la raison d'être de l'organisation en termes économiques et sociaux (réduire les disparités entre classes sociales, rester à la pointe de la technologie,...),
- Les objectifs à moyen terme ou *buts* qui concrétisent les finalités sous forme de composantes opératoires souvent qualitatives (assurer le logement de telle catégorie de travailleurs, rester maître de tel marché,...),

- Les objectifs à court terme ou *objectifs* qui précisent les buts par des critères d'évaluation assortis d'un niveau à atteindre (accroître la part de marché du produit p de 20%, réduire le prix de revient de ce même produit de 5%, etc.).

2.2 Fonctionnement

Dans ses activités, l'organisation s'ouvre sur le monde extérieur et sur son environnement. Ils interagissent constamment l'un sur l'autre pour maintenir un équilibre dont dépend la survie même de l'organisation. Si l'organisation ne peut plus répondre aux sollicitations de son environnement, elle tend à disparaître. L'environnement fournit ainsi des biens, des services, et de la monnaie, constituant le flux d'entrée de l'organisation ; après traitement de ces entrées, il en sort un autre flux, dit flux de sortie. Un tel fonctionnement est par définition, celui d'un système [GALAXI 1986].

2.3 Approche systémique de l'organisation

Selon H.Simon et J.L Lemoigne un système [SIMON 1960, GALAXI 1986, LEMOIGNE 1977] est défini en théorie des systèmes comme un ensemble d'éléments matériels ou pas, en interaction entre eux, transformant des éléments d'entrée en éléments de sortie.

Schématiquement, nous avons :



Figure 2.1 : Système

Remarquons que la similarité est parfaite entre système et organisation :



Figure 2.2 : Organisation

Ainsi l'organisation est un système complexe, en ce sens qu'il est irréductible à un modèle fini quelle que soit sa taille, le nombre de ses éléments et l'intensité de leur interaction. En effet, il n'est généralement pas possible de représenter l'ensemble des relations de l'organisation par un graphe simple car si la plupart d'entre elles sont des relations binaires, c'est-à-dire ne liant que deux éléments, on peut trouver également des relations plus complexes (ternaires, quaternaires,...) :

Exemple : l'employé **e** travaille dans l'atelier **a** sur la machine **m**.

Par ailleurs la frontière qui sépare l'organisation de son environnement est souvent difficile voire impossible à mettre en évidence car il n'existe pas de critère bien défini permettant d'affirmer que tel élément appartient ou non à l'organisation. Ceci est dû au fait que les éléments (principalement les individus) appartiennent simultanément à plusieurs organisations différentes (associations syndicales, comité d'entreprise,...) et, de ce fait, elles peuvent être incluses ou non dans l'organisation suivant le type d'observateur (ministère, direction, comité d'entreprise, client,...).

C'est ainsi que J.L. LE MOIGNE [LEMOIGNE 1977] considère neuf niveaux de complexité d'un système :

1. le système que l'on modélise est identifiable (on peut en fixer les limites) ;
2. le système est actif (on peut le considérer comme une boîte noire) ;
3. le système est régulé (il existe des règles dans la boîte noire) ;

4. le système s'informe sur son comportement (de l'information est produite afin d'assurer la régulation) ;
5. le système décide de son comportement. Un sous-système de décision élabore des décisions sur la base de l'information reçue du sous-système des opérations ou système opérant ;
6. l'information est mémorisée dans le système d'information. A ce niveau, on aboutit au modèle canonique Opération-Information-Décision (OID), articulant trois niveaux, opérationnel, informationnel et décisionnel et que l'on peut voir sur la figure suivante

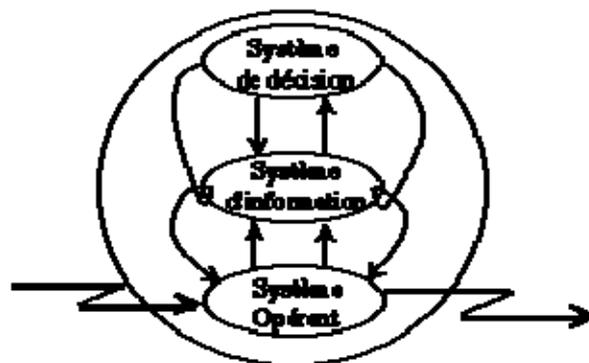


Figure 2.3 : le modèle OID [LEMOIGNE 1977]

Ce modèle peut si besoin, être enrichi par une approche « fractale » consistant à faire apparaître dans le système de décision des sous-systèmes opération, information et décision

7. le système coordonne les décisions d'action ;
8. le système imagine et conçoit de nouvelles décisions ;
9. le système décide sur ses décisions : il se finalise.

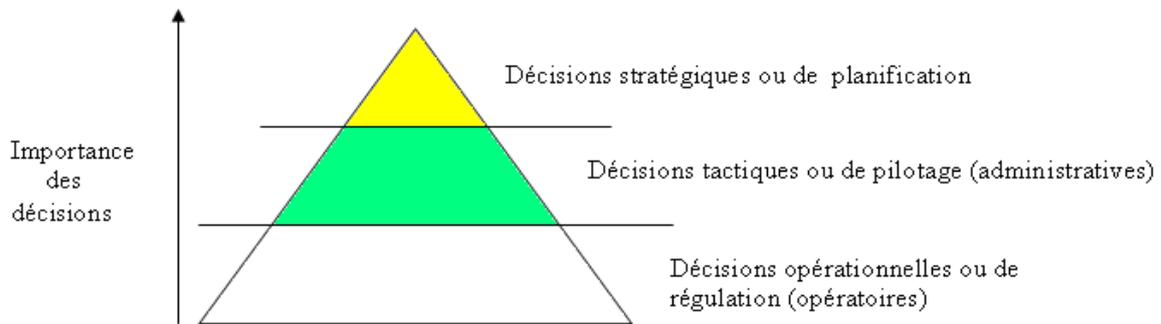


Figure 2.5 : Classification des décisions selon leur importance

La classification proposée par Anthony [ANTHONY 1971], montre qu'il existe trois types de décisions :

- Décisions de planification :

Il s'agit de décisions en relation avec la stratégie de l'entreprise, décisions prises par le sommet de la hiérarchie en fonction des objectifs globaux de l'entreprise.

- Décisions de pilotage

Les décisions sont prises par la hiérarchie intermédiaire. L'échéance est plus courte et le champ plus limité. Les objectifs sont relatifs aux problèmes de performance à atteindre par l'organisation.

- Décisions de régulation

Ce sont des décisions simples concernant l'exploitation courante de l'entreprise. Ils concernent les décisions à court terme prises par les opérationnels.

2.3.1.2 La classification par méthodes de M.S. MORTON

Il s'agit d'une classification suivant la nature même des processus mis en œuvre pour déclencher l'action [MORTON 1971]. Sous cet angle, on distingue deux grandes classes de décisions :

-Les décisions programmables sont celles pour lesquelles il existe des procédures et des règles spécifiques bien formalisées et non ambiguës (organigramme, table de décisions, langage de programmation) de sorte que la décision puisse être prise de façon automatique, sans faire appel à la réflexion du décideur (suivi des paiements des clients, gestion de stock).

- Les décisions non programmables sont celles pour lesquelles le processus d'identification et/ou de résolution d'un problème n'est pas algorithmique mais doit faire appel plus ou moins à la réflexion du décideur. On distingue à ce niveau deux types de décisions non programmables :

- Selon qu'il est possible de représenter le phénomène par un modèle connu (modèle comptable, statistique, de recherche opérationnelle,...) : on parle alors de décisions non programmables structurées [LEMOIGNE 1990].

Exemple : ordonnancement de la production.

- Ou que la multiplicité des critères à prendre en compte décourage la formalisation du problème : on parle alors de décisions non programmables non structurées

Exemple : choix d'un argument publicitaire, choix d'investissement.

2.4 Le système d'information

2.4.1 Définition

D'une manière générale, on désigne par système d'information [BARTOLI 1996, COURBON 1993,1997, MARCINIAK 1997, REIX 2004] d'une organisation sociale, l'ensemble des moyens (humains et matériels) et des méthodes se rapportant au traitement des différentes formes d'information rencontrées dans l'organisation.

A part quelques cas particuliers, quasiment tous les individus d'une organisation et le matériel qu'ils utilisent pour manipuler l'information appartiennent à son SI. Quant aux méthodes, elles sont souvent organisées par catégories.

De nos jours les SI ont naturellement et généralement une composante informatique. En général, seule une partie du SI peut être automatisée. Cette partie est appelée *système automatisé d'information (SAI)*. Le SAI communique avec son environnement extérieur par des saisies et des accès. Il se compose d'une partie dite mémorisation et d'une partie dite traitements.

2.4.2 Les différentes formes d'information

L'information est un concept complexe à saisir. Le philosophe A. LAGACHE [LAGACHE 1988] déclare qu' « il n'y a pas d'information sans représentation », mettant en lumière le caractère subjectif du phénomène. L'information peut prendre la forme d'un signal, d'un stimulus, d'un signe, d'une donnée ou d'un message. Elle peut être fiable ou non, complète ou non et avoir des durées de vie variées. Elle peut être brute ou dérivée. Lorsqu'elle est dérivée, elle peut être le résultat de dérivations successives après des opérations d'enrichissement, de stockage, de croisements, de contrôles, de restitutions. D'une manière synthétique, l'on retiendra que l'information manipulée dans un SI se répartit en deux catégories : l'information naturelle et l'information structurée :

- **L'information naturelle** : il s'agit de l'information telle qu'elle est produite ou appréhendée par l'homme avec ses moyens d'expression naturels. Elle peut prendre des formes diverses parmi lesquelles nous trouvons :

- l'information écrite,
- l'information picturale (dessins, photographies, schémas, pictogrammes,...),
- l'information orale,
- l'information tactile, olfactive, sonore,...

- **L'information structurée (données)** : elle permet de représenter de manière plus rigoureuse les informations naturelles qui sont difficilement appréhendables et manipulables. Elle est généralement obtenue par extraction manuelle ou automatique dans une information naturelle : c'est de l'extraction de données. Son intérêt est double :

- la concision de l'information permettant de diminuer les temps de communication, d'assurer une plus grande fiabilité et de minimiser l'espace de stockage,
- la possibilité de faire subir aux données des traitements algorithmiques : on parle d'agrégation de données.

2.4.3 Le traitement de l'information

Globalement, le traitement d'une information particulière pourra concerner une ou plusieurs opérations du type :

1. Son enregistrement et son stockage sur un support,
2. Son classement momentané ou définitif (archivage),
3. Sa consultation (consultation de fichiers, de bases de données, recherche documentaire, ...),
4. La modification de sa forme (présentation),

5. La modification de son contenu (agrégation),
6. Sa transmission à distance (télétransmission),
7. Sa diffusion à un ou plusieurs individus.

On dit qu'un traitement est algorithmique (ou programmable) lorsqu'il peut être exécuté de manière entièrement automatique par un processeur (homme ou machine) à partir d'une fiche d'instructions ou d'un programme.

2.4.4 Rôle du système d'information

D'après J.L. LEMOIGNE [LEMOIGNE 1990], la vocation du SI est « d'assurer le couplage entre le système d'opération et le système de pilotage : Sa fonction est de produire et de mémoriser les informations, représentation de l'activité du système physique puis de les mettre à la disposition du système de pilotage ».

Le SI doit en d'autres termes apporter à tous les acteurs de l'organisation, l'information et la connaissance dont ils ont besoin pour agir et décider.

D'un point de vue synthétique, on peut attribuer quatre rôles principaux à un SI dans une organisation :

- Produire des informations légales ou quasi légales réclamées par l'environnement socio-économique (factures, bulletins de salaires,...),
- Déclencher les décisions programmées (émission d'un ordre d'approvisionnement lorsque le stock atteint son point de commande (remarque: nous nous situons ici à la frontière entre le système de décision et le système d'information. En effet, il est convenable que les décisions programmées entrent dans le domaine du SI. Elles doivent donc être prises en considération lors de son étude.),
- Aider à la prise de décisions non programmées par le biais de statistiques, tableaux de bord, modèles, simulations ;

- Assurer la coordination des tâches en permettant les communications entre les individus de l'organisation et de son environnement.

Cependant, pour pouvoir remplir ces quatre rôles, tout SI doit posséder les quatre constituants suivants :

1. un moyen de représentation de la structure de l'organisation et son environnement,
2. un moyen de représentation de l'activité présente et passée de l'organisation et son environnement,
3. un ensemble de moyens de traitement des données,
4. un ensemble de moyens d'aide au traitement des informations naturelles

2.4.5 Les méthodes utilisées pour développer les Systèmes d'Information

Les premières méthodes d'analyse sont nées au cours de la décennie 1970-1980 [REIX 2004] et étaient basées sur une découpe cartésienne de l'objet à modéliser, une découpe fonctionnelle et hiérarchique. Leur intérêt était d'être proche de la structure réelle de l'objet mais leur inconvénient essentiel consistait en la redondance de données. La plus connue est SADT développée par Ross.

Au cours des années 80 apparaissent les méthodes systémiques basées sur une dichotomie *données / traitements* pour approcher l'objet à modéliser. Elles étaient intéressantes de par la vision globale de l'objet à modéliser mais leur inconvénient était précisément cette séparation des données et des traitements dans le processus de conception. La plus connue de ces méthodes est MERISE utilisée particulièrement en informatique de gestion, elle a pu évoluer aujourd'hui vers MERISE/2 pour prendre en charge certains concepts de l'approche objet comme l'héritage. Il y a également AXIAL (IBM) orientée vers les systèmes d'information

ou encore SAGACE (CEA) orientée vers les systèmes complexes comme les centrales atomiques.

Les années 90 voient l'émergence des méthodes objet pour répondre au souci de structurer un système sans centrer l'analyse uniquement sur les données ou uniquement sur les traitements mais sur les deux. Plus de 50 méthodes sont alors apparues durant cette période notamment BOOCH, CLASS-RELATION, FUSION, HOOD, OMT, OOSE... Cependant aucune d'elles ne s'impose réellement. Mais à partir de 1995 l'on assiste à un rapprochement progressif de celles dominantes parmi ces différentes méthodes pour donner naissance à la première version UML en 1996 qui a fini par devenir un standard universel pour la modélisation. La conception d'un SI revient à la réalisation du SAI. Ainsi la difficulté essentielle de celle-ci réside dans le fait qu'elle concerne un nombre important de personnes, de caractéristiques très variées (la direction, le service informatique, les responsables de service, les utilisateurs terminaux) d'où la nécessité d'une méthode.

Les premières informatisations se sont souvent révélées catastrophiques (la liste suivante n'est pas exhaustive):

- Logiciel ne fonctionnant pas ou ne réalisant pas ce pourquoi il avait été prévu,
- Logiciel incapable d'évoluer avec le matériel, la taille de l'organisation, les changements dans l'organisation,
- Logiciel correct mais mettant trop de temps à délivrer les résultats,
- Informatisation bouleversant l'organisation humaine du système, rejetée par le personnel...

Tirant leçon de ces déboires, deux questions particulières ont été examinées:

1. Comment réaliser un logiciel conforme à un *cahier des charges* ?

2. Comment réaliser un cahier des charges qui décrive exactement et précisément ce que l'on attend ?

La première question ne concerne que les informaticiens: le *génie logiciel*. C'est la discipline qui permet de concevoir un certain nombre de méthodes assurant la conformité d'un logiciel au cahier de charges. La deuxième question concerne également les informaticiens, mais aussi, et de manière essentielle, toute personne amenée à suivre, accompagner, diriger l'informatisation d'un service: l'*analyse informatique*. On pourra rencontrer aussi l'expression conception de systèmes d'information. L'analyse informatique est la discipline qui explique comment réaliser un cahier des charges qui décrive exactement et précisément ce que l'on attend.

La difficulté essentielle de l'analyse informatique est qu'elle doit établir un pont entre des personnes qui connaissent le fonctionnement de leur service mais souvent de façon implicite (les détails de fonctionnement n'ont jamais été explicités, encore moins formalisés) et des personnes qui ne savent travailler que sur des objets formels, ceux-ci n'ayant pour eux aucun sens, puisqu'ils ne connaissent pas l'entreprise. Les demandeurs ne savent pas exprimer exactement ce qu'ils veulent ni ce qu'ils peuvent attendre réellement de l'informatique, tandis que les informaticiens croient savoir ce que l'on attend d'eux.

Conclusion

L'étude de ces différents concepts relatifs aux systèmes d'information dans les organisations sociales nous a donné une idée de ce qu'est un système d'information et de la tâche qui nous incombe mais il reste nécessaire de voir ce qu'il en est particulièrement du monde hospitalier. C'est ce dont traitera le prochain chapitre.

Chapitre 3

Chapitre 3. LES SYSTÈMES D'INFORMATION HOSPITALIERS

Introduction

A l'hôpital comme dans n'importe quel autre système la place du système d'information en général est aussi importante. A l'hôpital ce système se spécifie par la nature de l'information, à savoir la gestion du produit et la confidentialité de certaines informations. C'est ce que nous étudierons dans ce qui suit.

3.1. L'hôpital

3.1.1 Définition et structure

L'hôpital, public ou privé, est une institution dont l'objectif est de soigner et si possible de guérir des malades [GREMY 1987]. Sa finalité est donc de produire de la santé, par diminution de la maladie, au bénéfice du malade. Cependant qu'il n'est pas à caractère lucratif car ne maîtrisant aucunement ses entrées, l'hôpital est une énorme machine économique et financière. Et ce besoin sans cesse croissant de finances s'explique moins par la fonction d'accueil de l'hôpital que par celle technique, de plus en plus prédominante.

L'accomplissement de cette mission humanitaire incombe à un personnel hétéroclite structuré généralement comme suit :

- **le corps médical**, formé de médecins, de chirurgiens, de « biologistes » responsables de laboratoires et de spécialistes de l'imagerie (radiologues, isotopistes). Il a la responsabilité d'établir le diagnostic, de prescrire le traitement et dans certains cas d'exécuter celui-ci (chirurgie, radiothérapie) ;
- **le personnel paramédical, composé :**

- Du personnel infirmier qui assure le suivi quotidien des malades, veille à leur confort physique et moral et exécute certains gestes diagnostiques et thérapeutiques, prescrits par le corps médical,
- Du personnel technique qui assure le fonctionnement régulier des différents laboratoires (laborantins, techniciens de radiologie) et participe à l'exécution de certaines activités thérapeutiques : physiothérapie, kinésithérapie, psychothérapie ;
- Du personnel de secrétariat, responsable de la mise en forme des divers comptes rendus médicaux. Il constitue un élément très important du SIH ;
- le personnel administratif, qui assure l'administration et la gestion de L'établissement
- Les ingénieurs biomédicaux, qui représentent une composante intellectuelle et opérationnelle incontournable à une époque où la haute technologie est présente dans tous les domaines de la médecine.

Les interactions entre tous les acteurs de l'hôpital convergent vers la satisfaction de la requête du malade. Autrement dit, *le malade est au centre du système* (voir figure 3.2).

3.1.2 L'hôpital, machine à information

Un hôpital est une « machine complexe » générant de l'information. Nous avons décrit dans le chapitre précédent quels types d'informations peuvent être manipulés dans une organisation et quels traitements elles peuvent y subir. Comme l'hôpital est une organisation où tout type d'informations et de traitements s'y retrouvent.

C'est un système d'information qui peut être subdivisé en plusieurs sous-systèmes :

- le sous-système d'action médicale concerne l'activité mise en œuvre par l'équipe soignante pour répondre au problème du malade : l'information recueillie sur le patient, la constitution

et la consultation du dossier du malade, les connaissances médicales, les processus de décision.

- Le sous-système logistique comprend l'ensemble des flux résultant des actions médicales : prescriptions, résultats, transferts, archivages. Il met en jeu les divers services cliniques et plateaux techniques de l'établissement pour appuyer l'activité de l'équipe soignante ;
- Le sous-système de recherche et d'études travaille sur des regroupements de dossiers, à condition que ceux-ci aient été correctement constitués, à des fins épidémiologiques ou d'évaluation de la qualité des soins, alimentant en retour la connaissance médicale ou les sous-systèmes d'administration et de planification ;
- Le sous-système de l'administration quotidienne de l'hôpital s'intéresse à la facturation, à la gestion du personnel, à la gestion de stocks ;
- Le sous-système de planification hospitalière a une vision plus stratégique. Il s'appuie sur l'analyse d'activité ou les études de morbidité hospitalière pour engager des décisions d'investissement structurel, matériels et humains. Il est en rapport avec des entités extérieures : autorités de tutelle, offre de soins environnants, état de santé de la population desservie.

Pourtant on ne peut observer que deux types d'activités réellement non disjointes, qui sont menées à l'hôpital :

- l'activité médicale menée par les corps médical et paramédical,
- l'activité administrative menée par le personnel administratif.

Ces deux pôles (médical et administratif) sont générateurs et récepteurs d'informations qu'ils échangent entre eux et avec l'environnement de l'hôpital. On peut ainsi parler d'information médicale et d'information administrative si l'on considère QUI recueille l'information :

- L'information « médicale » est recueillie par les médicaux et les paramédicaux et comprend :

- les faits et données recueillis sur les malades et décrivant leur santé,
- les actes et les procédures diagnostiques et/ou thérapeutiques effectués sur les malades, ainsi que leurs résultats,
- le corpus de connaissances nécessaire au personnel soignant pour recueillir et interpréter correctement les faits recueillis et les résultats des actes et procédures.

- L'information « administrative » est recueillie par le personnel administratif et comprend :

- les faits et données recueillis sur les malades, de nature démographique, financière et sociale,

- les actes et procédures pratiques,
- les connaissances nécessaires au recueil et à l'interprétation des faits précédents : ce corpus de connaissances concerne la législation, le droit administratif, la comptabilité, les sciences économiques, le marché des matériels disponibles, etc.

Mais cette distinction s'estompe lorsqu'on considère l'utilisation et la finalité de l'information. Le médecin ne peut soigner sans utiliser des informations de type administratif : l'âge, la profession, l'ethnie, le lieu d'habitation des malades sont le plus souvent des données pertinentes pour la décision médicale (tant diagnostique, thérapeutique que statistique).

Réciproquement, la gestion de l'hôpital ne peut se faire sans la prise en compte des données et connaissances médicales. Cela s'explique par le fait que nous avons déjà souligné plus haut à savoir la convergence de toutes les interactions à l'hôpital vers la satisfaction de la requête du malade.

3.1.3 Place du système d'information à l'hôpital

Comme l'entreprise la structure hospitalière se compose de trois sous-systèmes : de pilotage, d'information et hospitalière. Les termes généraux de la théorie systémique peuvent être remplacés par ceux représentant une structure hospitalière de la manière suivante :

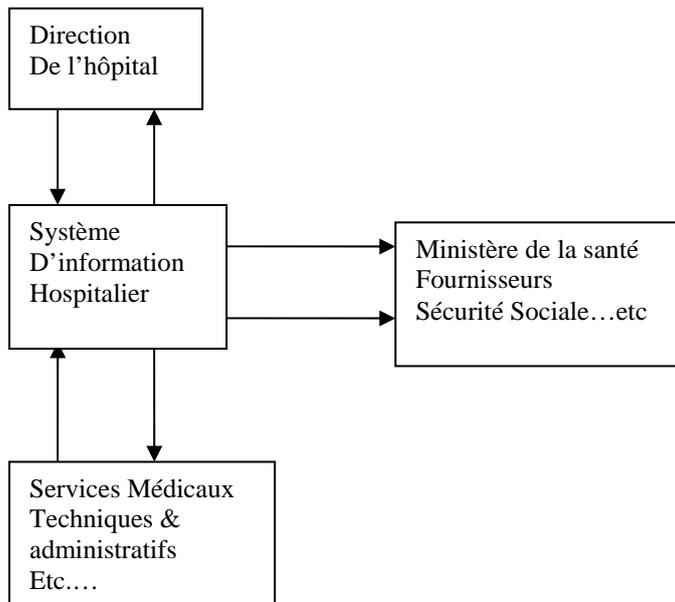


Figure 3.1 : La structure hospitalière

Par analogie avec l'entreprise (figure 3.1) le système de décision correspond à la direction de l'hôpital, le système d'information à celui du système d'information hospitalier et le système opérant à celui des autres services (médicaux , techniques, administratifs etc....)

3.1.4 Rôle central du dossier du malade

A l'hôpital les décisions sont prises sur la base d'une masse de connaissances dont une grande partie est tirée du dossier du malade [DEGOULET 1991, 2003, FIESCHI 2000].

Pris individuellement ce dernier est indispensable au suivi du patient et à la gestion quotidienne de l'établissement. Tandis que considérés collectivement, les dossiers fournissent l'analyse de l'activité et de l'épidémiologie hospitalière. Ainsi tous les sous-systèmes décrits plus tôt se retrouvent en gravitation autour du dossier du malade.

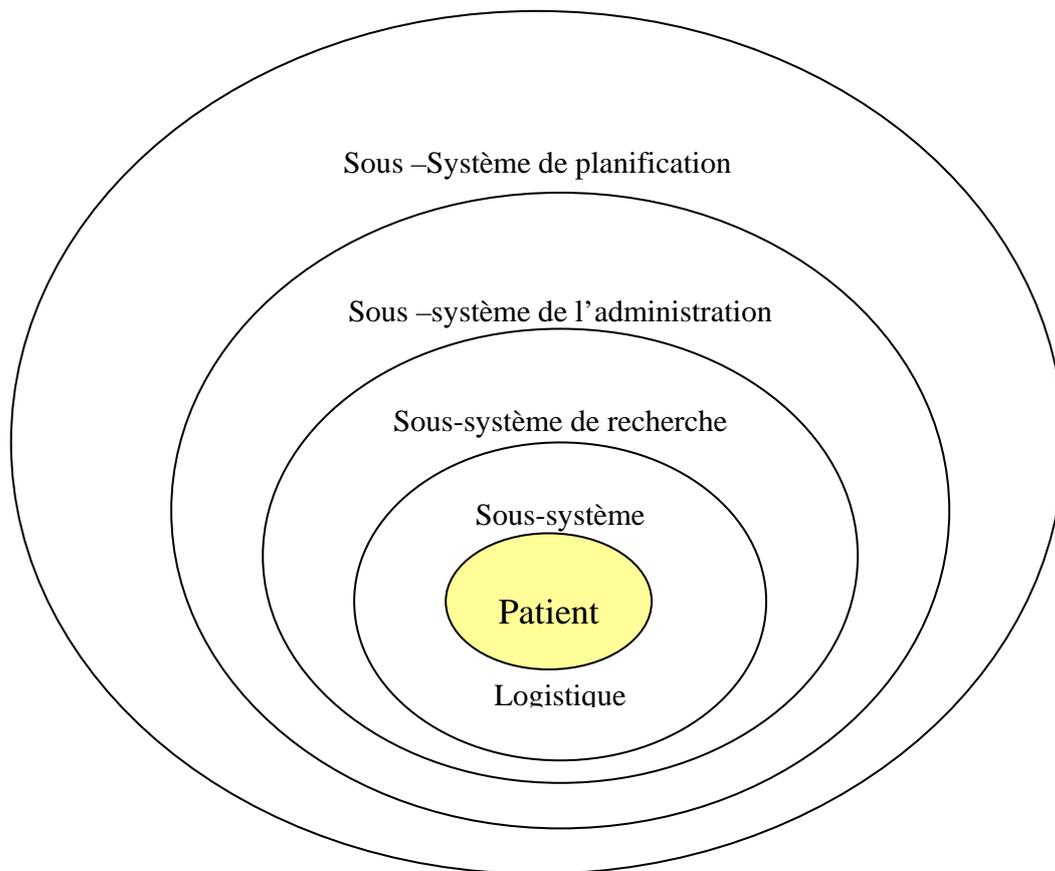


Figure 3.2: Le dossier du patient

3.1.5 Hôpital et informatisation

L'informatisation qui avait gagné les entreprises les années 1980, s'était également propagée aux hôpitaux mais dans une moindre mesure. Les premiers logiciels utilisés dans les établissements de santé dès les années 80, étaient particulièrement orientés vers la gestion administrative, financière et comptable [DEGOULET 1997]. Le premier système d'information mis en service est celui de l'hôpital El Camino en Californie. Il a été mis en service au début des années 70 et diffusé dans plus d'une centaine d'hôpitaux en Amérique du Nord. Dans ce système, les terminaux permettent de saisir les informations nécessaires à la gestion médico-administrative

Les unités de soin, centre de l'activité médicale, se sont quant à elles informatisées qu'au niveau des plateaux techniques et des départements situés en périphérie des dites unités.

3.1.6 Systèmes informatiques à l'hôpital

Il ne faut pas confondre système informatique et système d'information. Le système d'information existe bien avant que n'apparaissent les ordinateurs [GREMY 1987]. Un système informatique correspond à l'automatisation, grâce aux ordinateurs et aux techniques de communication. Il n'est évidemment pas question d'automatiser l'intégralité des flux d'information.

3.2 Système d'information hospitalier (SIH)

3.2.1 Définition et rôle

Malgré que le système d'information soit une réalité intrinsèque à l'hôpital, indépendante de toute informatisation, l'évolution des techniques de communication a fait de la mise en place de systèmes d'information hospitaliers, une option incontournable dans la gestion hospitalière [TOURRELLES2004].

Un système d'information hospitalier est défini comme un système informatique destiné à faciliter la gestion de l'ensemble des informations médicales et administratives d'un hôpital [DEGOULET 1997,2003]. Mais cette automatisation ne saurait accomplir l'essentiel des fonctions de décision où elle n'apparaît que comme une aide et non un substitut.

Médecins et administrateurs s'accordent pour voir dans un SIH le moyen de parvenir à :

- Améliorer la qualité des soins par une amélioration des communications, une réduction des délais d'attente et une aide à la prise de décision ;
- Maîtriser plus rationnellement les coûts par une réduction de la durée des séjours, une réduction des tâches administratives.

3.2.2 Conditions de réussite

La réussite d'un SIH est conditionnée par :

- Une connaissance approfondie de la circulation de l'information dans l'hôpital ;
- Une analyse fine de la sociologie de l'organisation ;
- Une stratégie matérielle et logicielle adaptée ;
- Une estimation des ressources nécessaires.

L'analyse peut se faire selon trois axes :

1-Quelles sont les finalités de l'hôpital ? (Analyse par objectifs)

2-Quelle est sa structure ? (Analyse structurelle)

3-Quelles sont les fonctions couvertes ? (Analyse fonctionnelle)

Le tableau (3.1) suivant donne des exemples de niveaux d'analyse d'un système d'information hospitalier :

Niveau	exemples de fonctions informatisables
1. Patients	- Gestion du dossier médical - Gestion des actes médicaux
2. Unités Médico-techniques	- Evaluation d'activité - Recherche clinique
3. Hôpital	- Planification des rendez-vous - Planification des ressources - Comptabilité analytique
4. Ensemble d'hôpitaux	- Planification financière - Gestion des ressources humaines
5. National	- Planification des dépenses hospitalières - Epidémiologie
6. International	Comparaisons internationales

Tableau 3.1 : Exemples de niveaux d'analyse du système d'information

3.3 Les différentes approches de conception

Le développement des premiers Systèmes d'information hospitalier, essentiellement aux Etas-Unis et dans quelques pays d'Europe comme les Pays-bas, la suède ou la Suisse, remonte au milieu des années 60 [DORENFEST 1993, DEGOULET 1997,2001, FIESCH 2000], différentes approches de conception ont été développés les plus utilisées sont :

- L'approche verticale ;
- L'approche horizontale ;
- L'approche distribuée.

3.3.1 L'approche verticale : approche SIH traditionnelle

Les systèmes à intégration verticale visent à prendre en charge dans une même architecture matérielle et logicielle les principales fonctions de l'hôpital. Les premiers systèmes, mis en place dans les années 70 sont habituellement caractérisés par une architecture centralisée, mono-constructeur, comprenant un ordinateur principal et des périphériques reliés en étoiles.

Les principes dominants de ce type d'architecture sont simples : l'information est saisie une seule fois, stockée en un point unique de la base de donnée centrale (principe de non redondance) et accessible de n'importe quel point du réseau (principe de partage). La protection des données est simplifiée et revient à gérer de façon optimale les droits d'accès au niveau de l'ordinateur central. Des unités complémentaires, par exemple des mini-ordinateurs de gestion de laboratoire, peuvent être connectés en étoile sur la machine centrale.

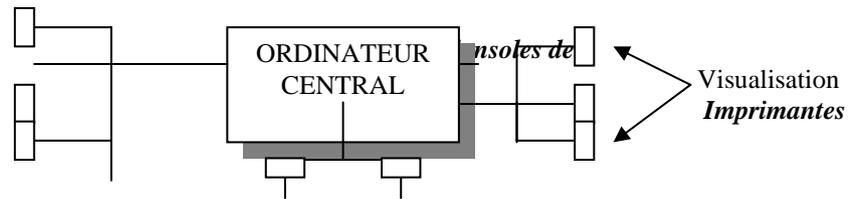


Figure 3.3 : Architecture SIH en étoile

Exemple : Le système TECHNICON [DEGOULET 1997] mis en place au milieu des années 70, à l'hôpital El Camino en Californie est maintenant utilisé dans plus d'une centaine d'hôpitaux aux Etats-Unis et au Canada.

L'approche centralisée avec intégration verticale permet une approche globale de l'hôpital et une prise en compte immédiate de fonctions à la fois médicales (gestion de demandes d'exams, dossier médical minimum commun, dossier des soins infirmiers) et administratives (gestion de mouvements, facturations).

Cependant les réactions contre l'architecture centralisée se font sentir dès le milieu des années 70. L'explosion de la micro-informatique démontre que les utilisateurs peuvent s'approprier une partie de la technique informatique, domaine jusque-là réserver à des informaticiens.

La complexité des architectures centralisées et leur coût de maintenance augmentent très rapidement dès que le nombre d'utilisateurs et de terminaux devient important, c'est le cas des hôpitaux universitaires. La centralisation des données dans une base de données unique oblige une standardisation adaptée aux besoins des utilisateurs. Ces avantages et inconvénients expliquent pourquoi l'approche verticale n'a été adoptée que dans des hôpitaux de petite taille (300-400 lits) à vocation de recherche peu marquée.

3.3.2 L'approche horizontale

C'est une approche départementale où plusieurs sous-ensembles de l'hôpital peuvent partager le même logiciel. Les unités médico-techniques ont été les premières à bénéficier de cette approche départementale (laboratoires de biochimie et d'hématologie).

L'informatisation des unités de soin pose les problèmes les plus complexes car la demande du corps médical varie d'un service à l'autre et même à l'intérieur d'une spécialité et, il est difficile d'établir « un corpus d'informations » acceptable par une communauté assez large d'utilisateurs.

Les premiers systèmes utilisaient souvent des systèmes de gestion de bases de données (SGBD) hiérarchiques ; puis il y eut une orientation vers le développement de logiciels applicatifs autour d'un SGBD relationnel ou utilisant un modèle plus élaboré permettant de représenter des données et des connaissances médicales (images, textes).

L'approche horizontale présente trois (3) avantages principaux :

- Une meilleure adaptation des produits à la demande des utilisateurs ;
- Une économie d'échelle du fait de la diffusion d'un produit unique dans plusieurs sites (économie d'investissement et/ou de développement, économie de formation et de maintenance) ;
- la possibilité de regroupement des données et de la mise en place de programmes de recherche clinique multi-centriques (cas de plusieurs services d'une même spécialité).

Ces avantages expliquent que l'approche horizontale se retrouve à des degrés divers dans de nombreuses institutions multi-hospitalières, habituellement à forte composante universitaire.

L'approche horizontale, si elle a souvent été un facteur majeur d'innovation, présente aussi des inconvénients :

- Le choix, à un instant donné et pour une discipline, du système le plus approprié, conduit inmanquablement à la mise en place d'architectures matérielles et/ou logicielles incompatibles ;
- Le risque de redondance non contrôlée des informations augmente avec le taux d'informatisation : plusieurs fonctions sont couvertes par des produits concurrents dans la même institution ;
- Le coût d'intégration d'applications hétérogènes peut largement dépasser le coût de fonctionnement du système vertical le plus onéreux.

3.3.3 L'approche distribuée : verticale et horizontale

C'est une approche mixte née de la volonté de décentralisation des données et d'indépendance matérielle (vis-à-vis d'un constructeur) et logicielle (vis-à-vis d'une solution SIH). Elle consiste à combiner les avantages des deux précédentes approches et en éviter si possible les inconvénients.

Cette stratégie a été adoptée, dès la fin des années 80, par des centres hospitalo-universitaires de renom comme la Johns Hopkins à Baltimore (E.-U.), l'Université de Duke (Caroline du Nord, E.-U.) ou l'Hôpital Cantonal Universitaire de Genève (Suisse).

Les meilleurs sous-ensembles fonctionnels sont sélectionnés à partir de l'existant ou de produits du commerce (ou réécrits) et intégrés dans une architecture matérielle et logicielle parfaitement définie.

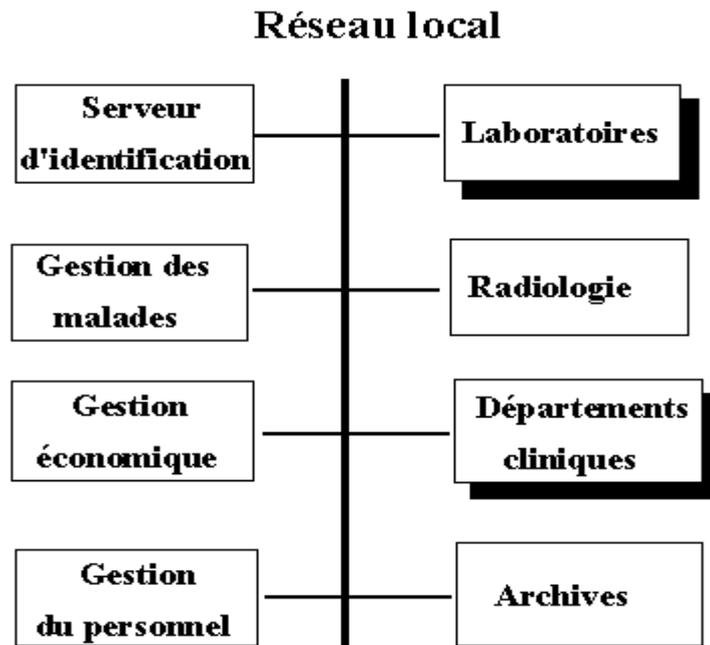


Figure 3.4 : Architecture SIH distribuée

Il devient alors possible de bénéficier, pour chaque sous-ensemble, du meilleur couple « matériel-logiciel ». Les applications sont réparties sur plusieurs processeurs de traitement suivant une architecture dite client-serveur.

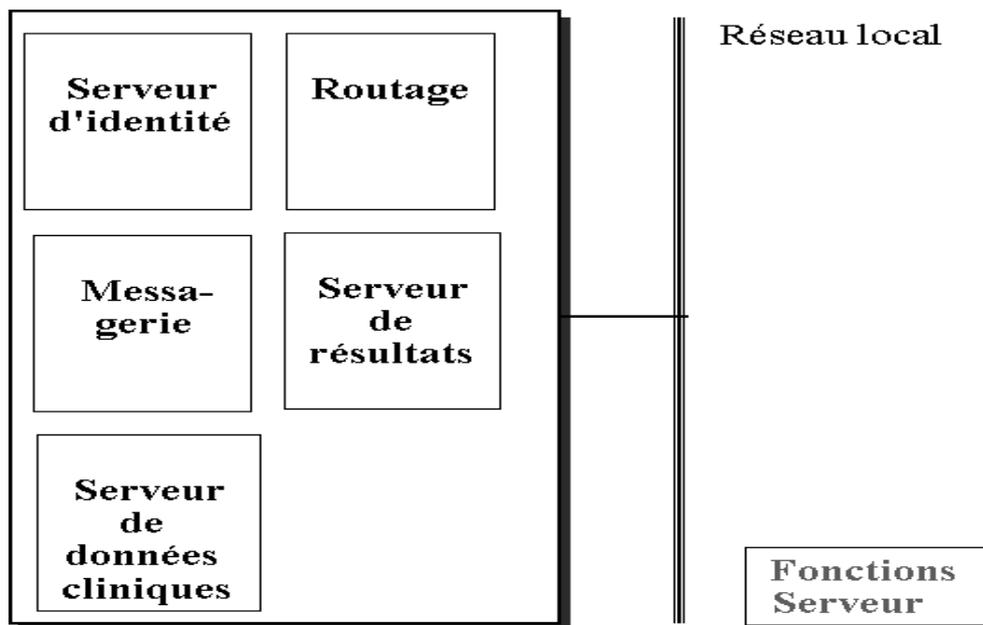


Figure 3.5 : Exemple de fonctions de type serveur

La mise en place effective d'une approche mixte passe par plusieurs phases en particulier :

- La sélection d'une architecture matérielle et de réseau,
- La sélection, pour chaque type de machine, du système d'exploitation et d'outils les plus appropriés (SGBD, langage de troisième et quatrième génération, interface homme-machine, etc.),
- La sélection d'un standard d'échanges entre applications hétérogènes.

La sélection de logiciels portables (langages de troisième et quatrième génération, outils bureautiques, etc.) et d'un standard de communication (protocoles de communications, formats d'échanges entre applications) est importante pour préserver ou tout au moins maximiser l'indépendance d'une institution vis-à-vis d'un constructeur et/ou d'un fournisseur de logiciels.

3.4 Langage médical

Le langage médical est caractérisé par un vocabulaire extrêmement riche et difficile à manipuler [FIESCHI 1986, 1998, BEUSCART ,1992]. Les textes médicaux sont souvent imprécis, ambigus d'autant qu'ils font un large usage d'abréviations, les informations utilisées sont nombreuses. Elles ne concernent pas uniquement des objectifs purement médicaux comme le pronostic, le diagnostic, la thérapeutique, les examens etc...., mais aussi le contrôle de l'activité des soins.

Pour être utilisable par l'informatique, cette information doit être structurée et standardisée. C'est la raison de la création de systèmes de codification en médecine. Une première étape a consisté en un dénombrement des concepts sous forme de nomenclatures, alors qu'une autre phase concernait le rassemblement des concepts sous forme de classification.

3.5 Codifications et Nomenclatures

La codification consiste à associer une série de caractères à une information [FIESCHI 2000]. Son objectif est de simplifier et systématiser un ensemble d'informations afin d'en faciliter l'utilisation. Elle est largement utilisée en médecine, car elle constitue actuellement le seul moyen de gestion des informations contenues dans les textes médicaux. Des statistiques simples, l'indexation des dossiers médicaux se fait souvent à travers l'utilisation de codes. Cette technique apparaît ainsi comme une étape importante vers une utilisation efficace de l'outil informatique en médecine et devrait permettre de répondre aux besoins des médecins. Il existe de nombreux systèmes de codification en médecine, parmi les plus utilisés on peut citer les suivants : CIM (Classification Internationale des Maladies),SNOMED(Systematized Nomenclature Of Medecine).

3.5.1 CIM (ICD)

La classification internationale des maladies (CIM) a été élaborée dans le contexte d'une utilisation à l'échelle mondiale. Son origine historique est brièvement retracée dans le tableau Suivant.

1853 W. Farr (1807-1883) Nomenclature uniforme des causes de décès
1893 J.Bertillon (1851-1922) Nouvelle classification des causes de mort
1946 OMS Classification statistique internationale des maladies, traumatismes et causes de décès
1975 9 ème révisions CIM-9 (ICD-9, International Classification of Diseases)
1988 Modification clinique (ICD-9-CM,HCIMO)

Tableau 3.2 : Historique de la Classification Internationale des Maladies

Dès 1990, le principe de révisions régulières de cette classification est acquis et c'est à partir de 1946, l'Organisation Mondiale de la Santé en prend la responsabilité. Les neuvièmes et dixièmes éditions [WHO 1992] sont utilisées actuellement.

Elle est désignée par le sigle CIM-9 ou ICD-9 (International Classification of Diseases). Il s'agit d'une liste détaillée des maladies, des traumatismes et des causes de décès. La CIM s'applique uniquement à la codification des diagnostics. Les pathologies sont classées en dix-sept chapitres, eux-mêmes divisés en rubriques. Chaque rubrique correspond à un code à trois chiffres. Le tableau ci-dessous résume les chapitres de la Classification Internationale des Maladies.

I.	Maladies infectieuses et parasitaires
II.	Tumeurs (malignes, bénignes...)
III.	Maladies endocriniennes, de la nutrition et du métabolisme et troubles immunitaires
IV.	Maladies du sang et des organes hématopoïétiques
V.	Troubles mentaux
VI.	Maladies du système nerveux et des organes des sens
VII.	Maladies de l'appareil circulatoire
VIII.	Maladies de l'appareil respiratoire
IX.	Maladies de l'appareil digestif
X.	Maladies des organes génitaux urinaires
XI.	Complication de la grossesse, de l'accouchement et des suites de couches
XII.	Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané
XIII.	Maladies du système ostéo-articulaire, des muscles et du tissu conjonctif
XIV.	Anomalies congénitales
XV.	Certaines affections dont l'origine se situe dans la période périnatale
XVI.	Symptômes, signes et états morbides mal définis
XVII.	Lésions traumatiques et empoisonnements.
Classification supplémentaire	
E.	Causes extérieures de traumatismes et empoisonnements
V.	Facteurs influant sur l'état de santé et motifs de recours aux services de santé
M.	Morphologie des tumeurs

Tableau 3.3 : Chapitres de la Classification Internationale des Maladies

L'OMS fournit deux volumes, le premier analytique, correspond à la classification hiérarchisée alors que le second est un index alphabétique.

3.5.2 SNOMED

SNOMED [SNOMED 86,93] (Systematized Nomenclature Of Medecine) est une nomenclature systématisée de termes médicaux, organisée de manière hiérarchique et multi-axiale, dérivant de SNOP (Systematized Nomenclature Of Pathology) utilisée depuis 1965. La large acceptation de SNOP par les anatomo-pathologistes du monde entier et ses multiples traductions ont incité le collège pathologiste américain à en élargir le concept de base à toute la médecine.

La SNOMED est une nomenclature multi-axiale : les concepts médicaux sont rangés selon sept axes : Topographie, Morphologie, Etiologie, Fonction, Maladie, Procédure et Occupation.

Avec les cinq premiers axes il est possible de codifier tous les éléments anatomiques et physiologiques normaux et anormaux d'un processus pathologique et de les additionner pour définir une maladie ou un syndrome de l'axe maladie. Exemple :

T	+	M	+	E	+	F	=	D
Poumon		Granulom		M.Tuberculosis		Fièvre		Tuberculose
T-2800		M-44060		E-2001		F-03003		D-0188
NOMENCLATURE							CLASSIFICATION	

Ce système permet, pour chaque cas particulier un codage précis et détaillé des procédures et du diagnostic, fournissant ainsi des données intéressantes pour une meilleure gestion des coûts de la santé.

3.5.3 Classification utilisée dans le cancer

Le cancer est une maladie chronique [KABANE 2004] dont la recherche n'est pas encore arrivée à trouver des solutions thérapeutiques aux diverses formes de cancer. Pour permettre un développement rapide de la recherche dans ce domaine, une collaboration s'est établie entre groupes de chercheurs internationaux et plusieurs classifications ont été mises au point :

- dans le cadre de la classification internationale des maladies, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a établie une classification des tumeurs sous l'appellation de CIM-O (Classification Internationale des maladies Oncologie)
- De son coté l'Union Internationale Contre le cancer (UICC) a mis au point une classification appelée TNM (T : tumeur, N :ganglion , M : métastase à distance) ;
- D'autres classifications existent mais leurs utilisations sont moins importantes que les classifications CIM-O et TNM, par exemple la classification DUKES (utilisée particulièrement pour le cancer digestif).

- Classification CIM-O

Cette classification affecte à chaque type de tumeur un code composé de dix caractères, ces derniers sont repartis en quatre groupes de caractères [WHO 92] :

-Topographie : de C00.0 à C80.9

Les trois premiers caractères selon l'organe atteint, par exemple (C00), et le dernier caractère selon les subdivisions anatomiques de l'organe par exemple (.9) ;

-Morphologie : De 8000 à 9989 selon le type histologique ;

-Comportement : De /0 à /9 ce code est relatif au caractère de la tumeur, et il vient à la suite des quatre chiffres de la morphologie.

/0 : tumeur bénigne ;

/1 : Tumeur borderline (caractère bénin ou malin incertain, tumeur à faible potentiel malin) ;

/2 : Tumeur in situ (non invasive, non infiltrante) ;

/3 : Tumeur maligne, site métastatique ;

/6 : Tumeur maligne, site métastatique ;

/9 : Tumeur maligne de site primitif ou métastatique incertain.

- Grade de différenciation histologique : de Grade I à IX

-Grade I : tumeur bien différenciée ;

-Grade II : tumeur moyennement différenciée ;

- Grade III : tumeur peu différenciée ;

- Grade IV : tumeur indifférenciée ;

- Grade IX : différenciation non déterminée, non applicable ou non disponible.

- Classification TNM :

Cette classification a pour objectif l'évaluation du degré de l'extension de la tumeur pour déterminer le traitement adéquat et établir un pronostic.

La classification TNM comporte trois paramètres, et chaque paramètre a différents degrés le caractérisant.

- Selon la taille de la tumeur :

T0 : Pas de tumeur à l'examen histologique de la pièce ;

T1 : Tumeur envahissant la muqueuse ou la sous-muqueuse ;

T2 : Tumeur envahissant la musculature ;

T3 : Tumeur envahissant la séreuse ;

T4 : Tumeur envahissant les organes de voisinage ;

Tx : L'étendue de l'envahissement ne peut être précisée.

- Selon l'extension de l'envahissement ganglionnaire :

N0 : Pas d'envahissement des ganglions régionaux ;

N1 : Envahissement des ganglions lymphatiques, jusqu'à 3 cm de la tumeur primitive ;

N2 : Envahissement des ganglions lymphatiques distants de plus de 3 cm de la tumeur primitive ;

N3 : Envahissement des ganglions lymphatiques régionaux (métastase ganglionnaire) ;

Nx : On ne dispose pas de conditions suffisantes pour classer les ganglions lymphatiques régionaux.

- Selon la présence ou l'absence de métastase à distance :

M0 : Absence de métastase à distance ;

M1 : Présence de métastase à distance ;

Mx : On ne dispose pas de conditions suffisantes pour apprécier la présence de métastase à distance.

Conclusion

Cette étude nous a permis d'appréhender le monde hospitalier et l'évolution des méthodes de conception des SIH en fonction des problèmes non résolus et des progrès de la technologie. Aussi de relater les différentes classifications et codification utilisées dans le domaine médical en particulier en oncologie.

Chapitre 4

Chapitre 4: Méthodes de conception des systèmes d'informations hospitaliers

Introduction

La modélisation des systèmes d'information a amené le développement des différentes méthodes d'analyse et de conception de ces systèmes. Plusieurs niveaux d'abstraction peuvent être considérés lors de l'étape de modélisation. Nous présenterons dans ce chapitre les méthodes utilisées pour le développement de systèmes d'information hospitalier [BELLAVOINE 2003, DEGOULET 1995, DEGOULET 1999, DEGOULET 2001, DEGOULET 2003, FIESCHI 2000, TOURRELLES 2004, OLLE 1990].

4.1 La méthode d'analyse structurée SADT

La méthode SADT (Structured Analysis and Design Technique) est une méthode d'analyse particulièrement bien adaptée à la phase de spécification fonctionnelle d'un système. Conçue au début des années 70 aux Etats-Unis, la démarche conduit à la réalisation de plusieurs modèles : modèle du système d'information existant, modèle du système idéal, modèle du système réalisable et enfin modèle du système à réaliser.

SADT cherche à répondre aux niveaux conceptuel et organisationnel d'abstraction et donc à séparer la phase d'analyse de la phase de conception (le quoi du comment). SADT utilise une approche de décomposition des centres (top-down), modulaire et hiérarchique. La première description est la description la plus générale possible. Elle est représentée comme un module ou une boîte, éclaté en un nombre n de sous-modules ou sous-boîtes. Chaque sous module peut être lui-même éclaté en n sous-modules et ainsi de suite.

Le monde est considéré comme un ensemble d'objets (données) et d'actions (activités) qui doivent être analysés et décomposés en parallèle. Par analogie avec le langage naturel, les données jouent le rôle des noms et les activités celui des verbes.

4.2 Actigrammes et datagrammes

Un actigramme d'activité est identifié par un verbe d'action (figure 4.1). Il sollicite une donnée d'entrée qui est transformée, modifiée ou changée d'état pour générer une donnée de sortie. Ce processus s'effectue suivant certains mécanismes et sous des directives de contrôle. Les données de contrôle ne sont pas modifiées par l'activité, par opposition aux données d'entrée. Elles peuvent déclencher, inhiber ou jouer le rôle de paramètre sur l'activité. Les mécanismes représentent les moyens de réaliser l'activité. Les flèches d'entrée, de sortie et de contrôle sont identifiées dans les datagrammes par des noms.

Le diagramme de données crée, à partir d'activités d'entrées (les activités génératrices), une donnée utilisée par l'activité de sortie. Le processus s'effectue sous l'influence d'activités de contrôle et en utilisant des mécanismes de support de la donnée. Les activités génératrices, utilisatrices et de contrôle sont identifiées par des verbes et la donnée par un nom (Fig : 4.2). Les mécanismes sont ceux servant à mémoriser la donnée.

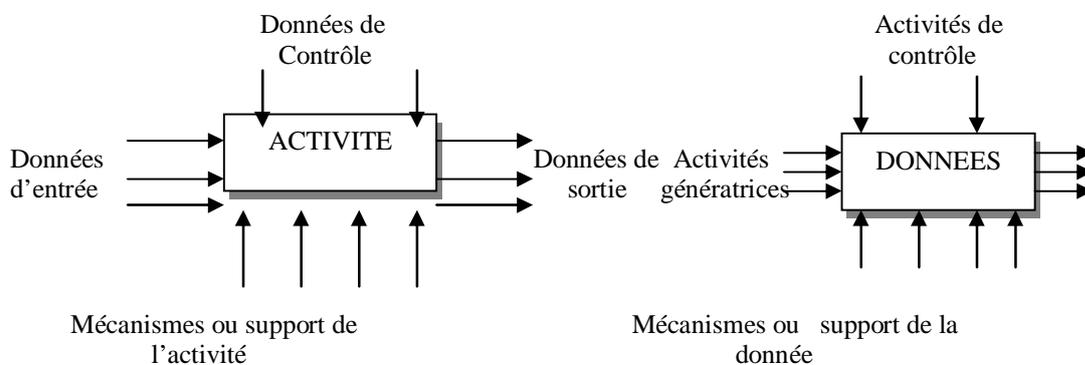


Figure 4.1 : Diagramme d'activité et de donnée

Les diagrammes sont reliés entre eux par des flèches représentant des contraintes de liaisons. Il s'agit de flots de données entre deux actigrammes. Un diagramme peut ainsi servir d'entrée, de contrôle ou de sortie d'un autre diagramme. Le bouclage est autorisé, de même que les flèches bi-directionnelles.

La figure 4.2 montre l'actigramme principal d'une consultation médicale. Les patients en attente sont examinés en fonction des horaires de consultation. L'examen dépend des protocoles médicaux suivis. L'actigramme peut être décomposé selon les trois actigrammes de la figure 4.3

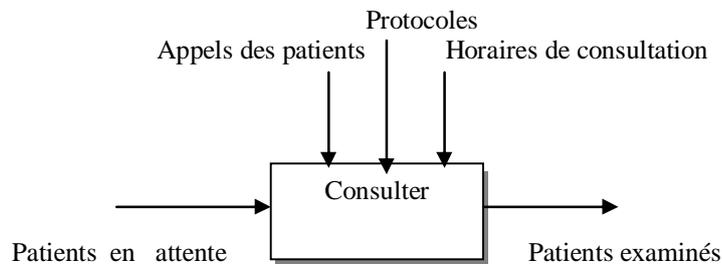


Figure 4.2 : Actigramme d'une consultation médicale

4.3 La méthode d'analyse structurée SASS

La méthode SASS (Structured Analysis and System Specification) est une méthode d'analyse structurée développée par Tom Marco au milieu des années 70. Elle utilise une approche de décomposition descendante partant du plus général pour arriver au plus particulier.

4.3.1 Les diagrammes de flux de données

Le concept principal est le concept de diagramme de flux de données (Data Flow Diagram) au travers d'un système. Un système peut être une entreprise, un système informatique, un logiciel. Un système transforme les données d'entrées pour fournir des données de sortie.

Source et destinataire des flux de données sont représentés dans des rectangles. Les capacités de stockage sont représentées par deux segments de lignes parallèles. Les procédures de traitement des données sont indiquées par des cercles ou bulles ; Tous les éléments d'un diagramme sont nommés de façon unique afin de limiter les erreurs de réinterprétation des diagrammes. Aucun ordre particulier dans les événements n'est spécifié, de même qu'aucun processus de branchement conditionnel. Un diagramme de flux de données n'est pas un organigramme. La gestion des conditions d'erreurs doit être reportée à la fin de l'analyse. Le premier diagramme réalisé est le diagramme le plus général (le plus abstrait). Ce diagramme est décomposé de façon aussi détaillée que l'analyste le juge nécessaire.

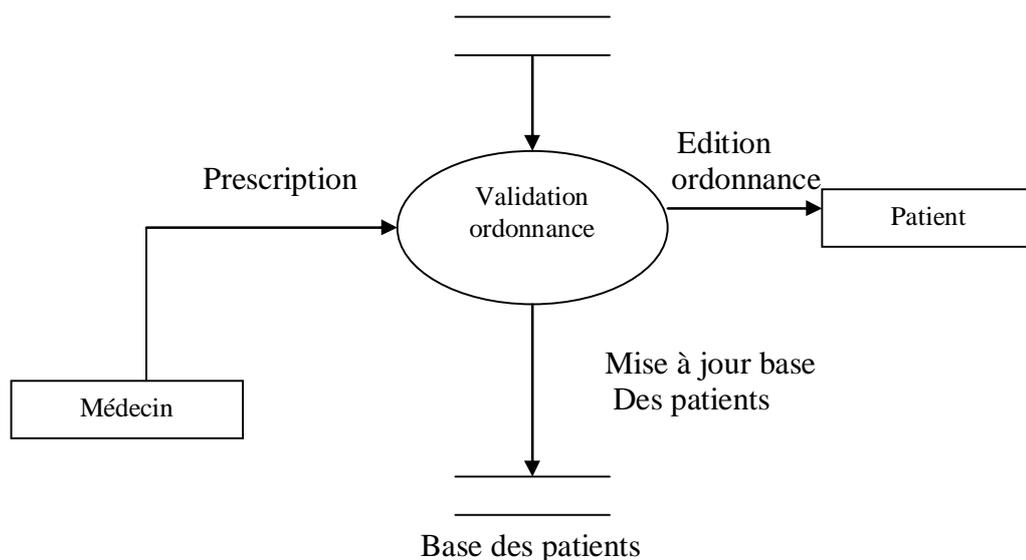


Figure 4.3 : Diagramme de flux de données

4.3.2 Les étapes de la méthode SASS

La figure 4.4 résume les principales étapes de l'approche SASS. L'étape 1 concerne l'analyse de l'état présent d'un système. Le diagramme de flux de données qui en résulte est appelé DFD physique courant. Dans un système non informatisé, les bulles indiquent des unités organisationnelles ou des individus. L'étape 2 est appelée dérivation d'équivalents logiques.

Des verbes remplacent les unités d'organisation et indiquent les activités qu'elles effectuent. Lors de l'étape 3, un modèle d'un nouveau système logique est construit pour refléter la mise en place du système informatique. Le diagramme résultant est appelé nouveau DFD logique. L'étape 4 consiste à définir différentes solutions de mise en œuvre et à les documenter dans des diagrammes appelés nouveaux DFD physiques. Chaque alternative est étudiée lors de l'étape 5 avec les utilisateurs au moyen d'études de type coût/bénéfices. L'une des solutions étudiées est retenue lors de l'étape 6.

Lors de chaque étape, les diagrammes de flux de données sont complétés par la mise à jour du dictionnaire données qui contient les noms et définitions de chaque élément répertorié (items et leurs synonymes, bornes, flux de données, définition de structures de données, etc.).

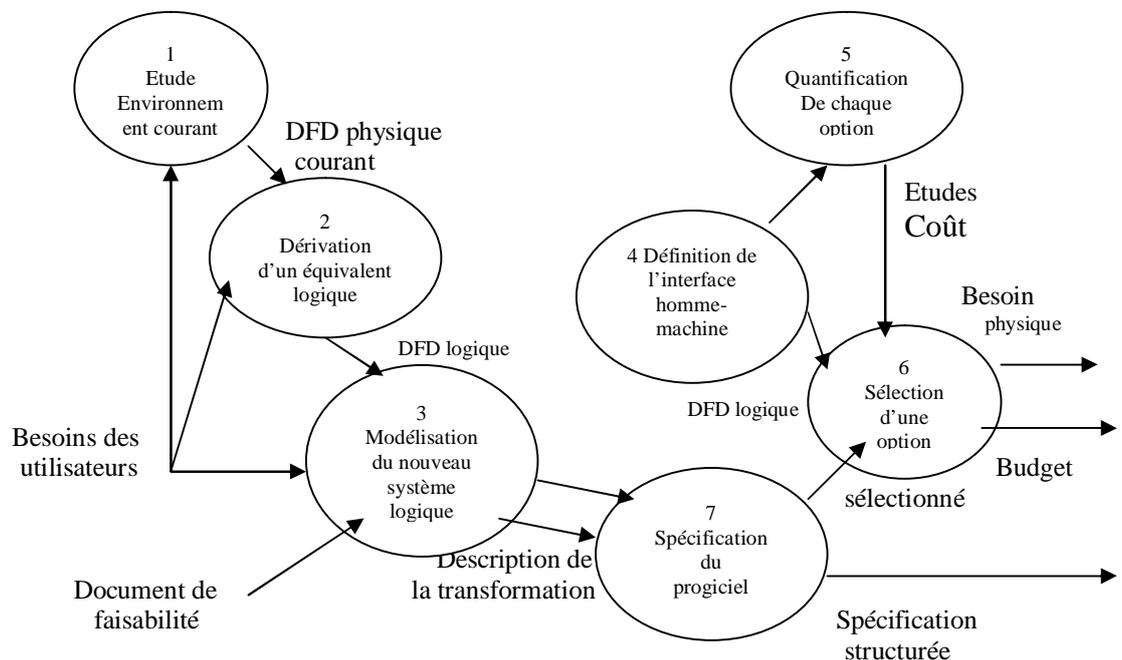


Figure 4.4 : Etapes de l'analyse structurée

4.4 Le modèle entité-association

Le modèle Entité-Association (EA) (Entity-Relationship) [DEGOULET 1999], peut être considéré comme une généralisation des trois systèmes de gestion de bases de données (réseau, hiérarchique et relationnel). L'idée maîtresse derrière l'approche entité-association est de consulter, dans un premier temps, un schéma conceptuel le plus général possible, puis de transformer ce schéma conceptuel en un schéma plus spécifique, par exemple en utilisant l'un des trois modèles cités précédemment. Afin de mieux mettre en évidence la différence entre le schéma conceptuel obtenu suivant le modèle EA et les schémas propres à chaque SGBD, nous appellerons schéma EA le premier et schéma tout court les autres schémas conceptuels. Cette approche a plusieurs avantages [CHAMBAR 1987].

- la division de la tâche d'analyse conceptuelle en deux phases facilite le travail de l'analyste ;
- la constitution du modèle conceptuel est indépendante de toute considération liée à l'utilisation d'un SGBD particulier ou d'ordre physique faisant intervenir des critères d'efficacité ;
- le modèle conceptuel est plus stable. Le fait de passer d'un type de SGBD à un autre ne remet pas en cause le schéma EA. La tâche de l'analyse consiste essentiellement à réappliquer le schéma EA en un schéma propre au nouveau SGBD choisi.
- Le plus connu des modèles de ce type est le modèle de Chen [CHAMBAR 87] permettant de décrire indépendamment de toute considération de stockage physique, le schéma d'une entreprise.

4.4.1 Structure

Un schéma EA peut être représenté graphiquement sous forme d'un diagramme d'entité-association, constitué d'entités élémentaires, d'entités composées et de connecteurs ou liaisons. Une entité élémentaire est un objet concret ou abstrait, habituellement désignable per

un nom dans le langage courant (un objet physique, une personne, un service un projet, etc) et doté de propriétés ou attributs (nom, prénom, date de naissance). Les entités hôpital, service, médecin, patient et diagnostic sont des exemples d'entités élémentaires.

Une entité composée est une entité faisant intervenir plusieurs entités élémentaires (et/ou entités composées). Part exemple l'entité composée visite médicale fait intervenir les entités élémentaires médecin, service et patient (Figure 4.5). Une entité composée est également dotée de propriétés (date de visite, durée de la visite) et peut habituellement être désignée dans le langage courant sous forme d'un gérondif. Une entité composée est représentée dans un diagramme EA par un losange libellé au nom du type d'association.

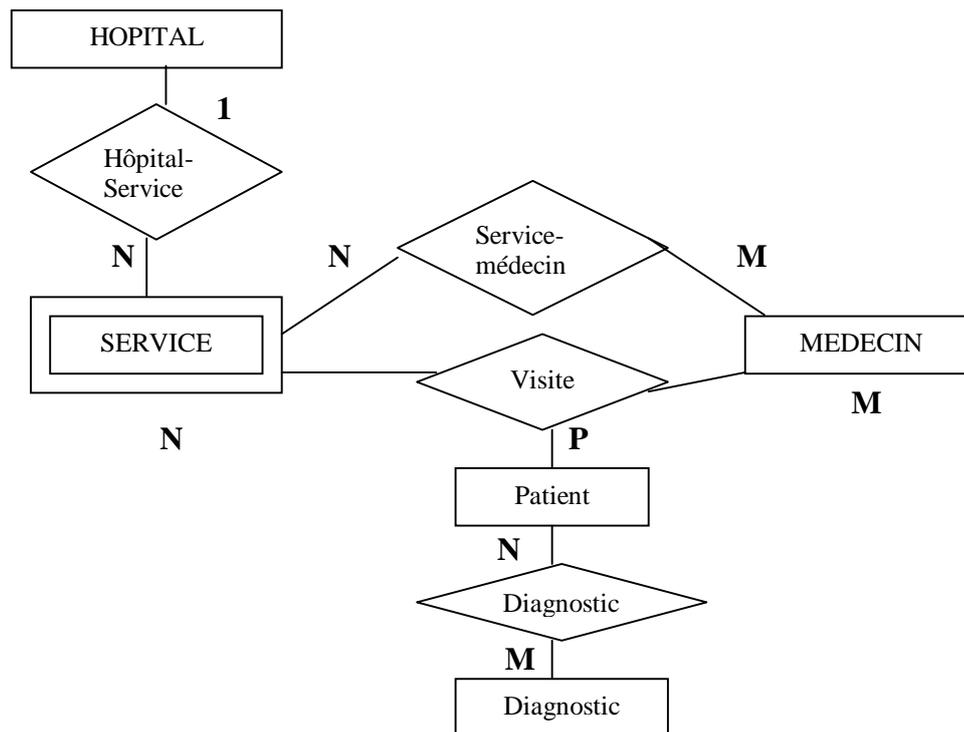


Figure 4.5 : Diagramme entités-associations

Une liaison a une signification voisine de celle d'un verbe dans le langage naturel. Elle permet de relier une ou plusieurs entités. Elle n'a pas, dans le modèle EA, d'attributs autre que sa cardinalité et est représentée par un arc nommé. Contrairement au modèle hiérarchique

et au modèle en réseau, où seules les associations binaires peuvent être représentées, il est possible de représenter des liaisons N-aires dans le modèle entité – association. Chaque liaison peut être du type 1 :1, 1 : N et N : M.

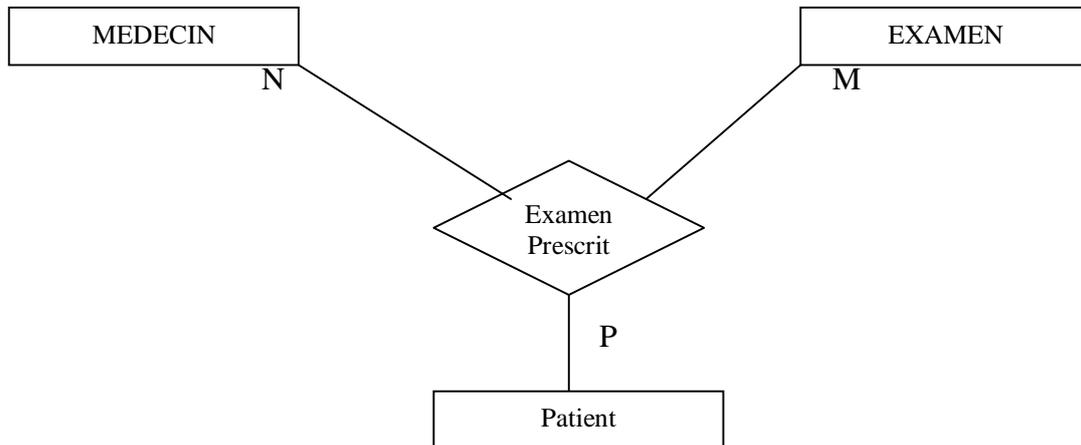


Figure 4.6 : Association de type ternaire

La figure 4.6 donne un exemple d'association de type ternaire entre les entités élémentaires MEDECIN, EXAMEN et PATIENT. Un médecin peut prescrire plusieurs examens pour plusieurs malades. Un patient peut avoir plusieurs examens prescrits par plusieurs médecins. Les liaisons récursives sont également autorisées (figure4.7). Le cardinal des liaisons est représenté par un indice placé sur l'arc reliant 2 types d'entités (une lettre s'il n'y a pas de limite supérieure). Enfin plusieurs types de liaisons distinctes peuvent relier deux types d'entités.

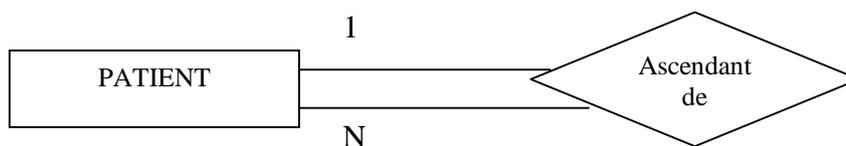


Figure 4.7 : Attribut d'une entité

L'appartenance à un type d'entité est définie par un prédicat. Un ou plusieurs attributs peuvent être associés à chaque type d'entité (figure 4.8). Le domaine d'un attribut est représenté par un cercle libellé au nom du domaine de l'attribut et relié au type d'entité par un arc libellé au nom de l'attribut. Un attribut peut être multiple. Un indice sur l'arc permet de représenter le nombre maximum d'occurrences de valeurs. L'appartenance à un domaine est définie par prédicat. Les attributs des associations sont représentés par le même principe.

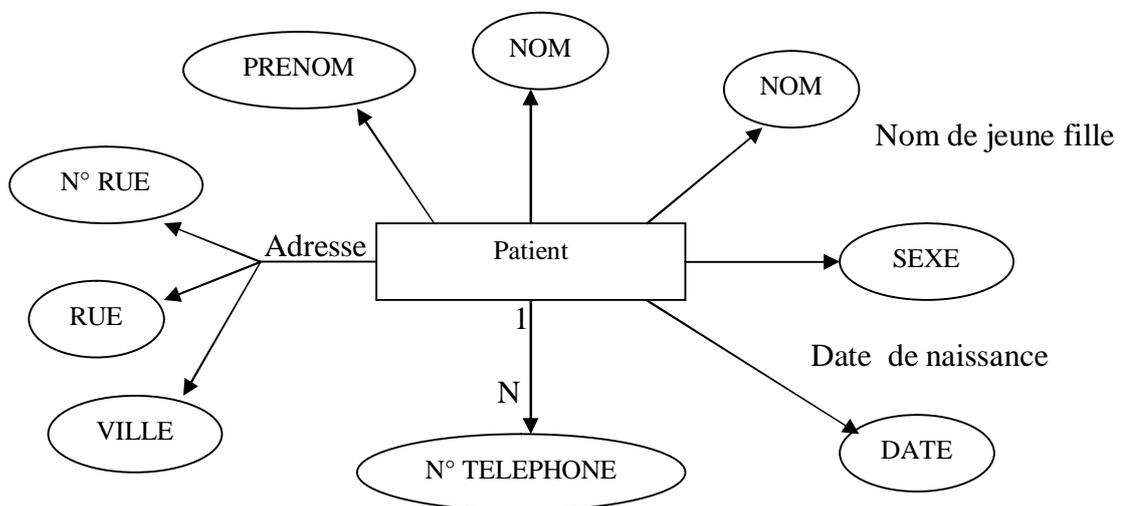


Figure 4.8 : Attribut d'une entité

4.4.2 Contraintes

La plupart des contraintes sont des contraintes explicites.

1 – Contraintes sur les domaines d'un attribut, il est possible de définir exactement le domaine d'un attribut, en tenant compte éventuellement des valeurs ou des domaines d'autres attributs.

2- Clés d'identification, il est possible de définir une clé au niveau d'un type d'entité (clé d'entité élémentaire), mais également au niveau d'un type d'entité composée ou type d'association.

3- Contraintes d'existence, il est possible de spécifier explicitement qu'une entité n'existe que si une entité existe. L'entité dépendante (le service dans l'exemple précédent) est représentée par un double rectangle.

4- Contraintes d'identification, une contrainte d'identification ou dépendance d'identification permet d'indiquer qu'une entité n'est pas identifiée par la valeur de certains de ses attributs mais par ses relations avec d'autres entités. Une contrainte d'identification est nécessairement une contrainte d'existence, mais l'inverse n'est pas vrai.

4.4.3 Exemple

Le modèle entité-association est défini comme un modèle conceptuel plus général que les modèles classiques en réseau, hiérarchique ou relationnel. Il s'agit donc d'un outil général de description et d'analyse de systèmes d'information complexes et de conception de bases de données devant être utilisé en amont des systèmes de gestion de bases de données plus classiques. Il est possible de définir des langages de manipulation tenant compte des types d'entités et des liaisons définis. Ces langages sont à mi-chemin entre les langages navigationnels et **assertionnels**.

Le modèle conceptuel de données de la méthode MERISE (MCD) ou modèle entité-association est un des modèles les plus utilisés en conception de systèmes d'information. Il correspond à une première description statistique des données à l'aide des concepts d'entités et d'associations.

- Une entité est une représentation d'un objet matériel ou immatériel, ayant une existence propre et au sujet duquel on souhaite conserver une information ;
- Une occurrence d'entité (un enregistrement) est un élément individualisé de l'entité ;
- Une association traduit le fait qu'il existe une relation entre deux entités. Elle exprime la raison pour laquelle des entités sont liées afin de constituer un ensemble d'occurrences ;

- Chaque entité a des propriétés qui sont caractéristiques de l'objet qui est décrit. Une de ces propriétés joue le rôle d'identificateur de l'entité : à une valeur de cet identifiant correspond une et une seule occurrence de l'entité. Les associations peuvent avoir, elles aussi des propriétés.

La dernière notion à introduire est celle de cardinalité de l'association. Entre une association et une entité figure un lien portant sur deux nombres qui constituent les cardinalités minimales et l'association pour une occurrence de l'entité.

La figure 4.10 correspond au MCD dans le cas d'un SIH

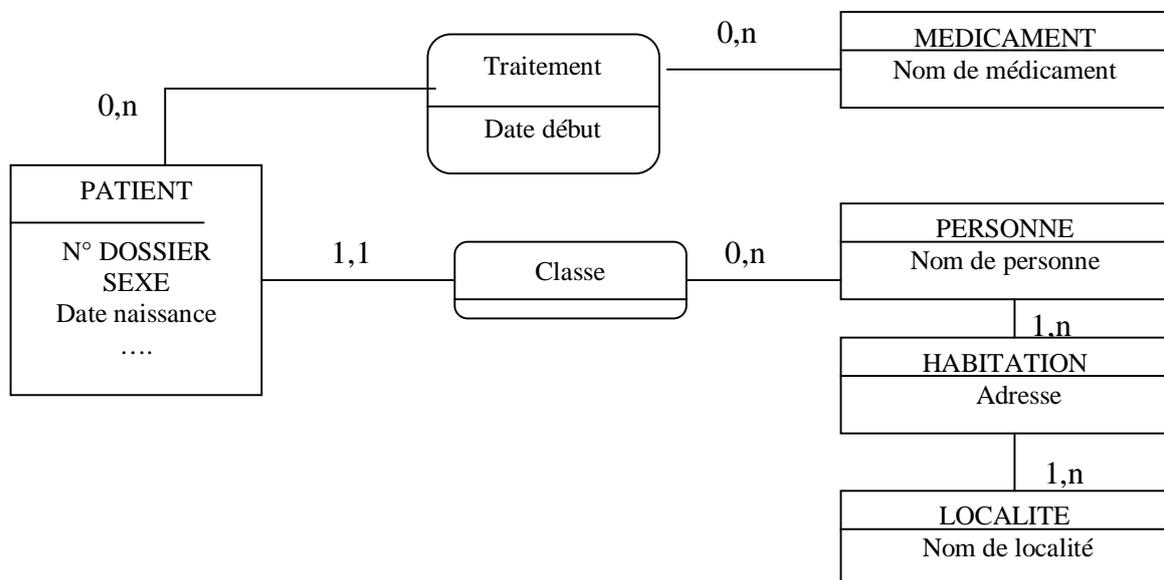


Figure 4.9 : Entités et associations dans un modèle conceptuel de type MERISE

4.5 Le modèle relationnel binaire

4.5.1 La méthode NIAM:

La méthode IA (Information Analysis) a été mise au point au milieu des années 70 par GM Nijssen, d'où le nom de NIAM (Nijssen Information Analysis Method) qui lui est également donnée [CHAMBAR 1987]. L'idée de base comme dans la méthode SADT, est que tout

modèle peut être exprimé sous forme de phrases en langage naturel. Ces phrases complexes peuvent être décomposées en phrases plus simples, elles-mêmes représentables dans le formalisme du modèle relationnel binaire.

NIAM distingue trois niveaux dans l'analyse, le niveau conceptuel, le niveau fonctionnel et le niveau physique. Le niveau conceptuel est celui des concepts ou objets et des idées. Il s'appuie sur le modèle relationnel binaire. Le niveau fonctionnel est celui de la mise en œuvre du modèle sur un support physique.

4.5.2 Structure et symbolisme

Les concepts peuvent être des objets non lexicaux (comme PATIENT ou MEDECIN) et des objets lexicaux (comme SAMIR ou ALI). Le nom choisi pour représenter un objet non lexical 'équivalent d'une entité dans le modèle (entités-associations) est noté à l'intérieur d'un cercle en traits pleins dans un schéma conceptuel (figure4.10).

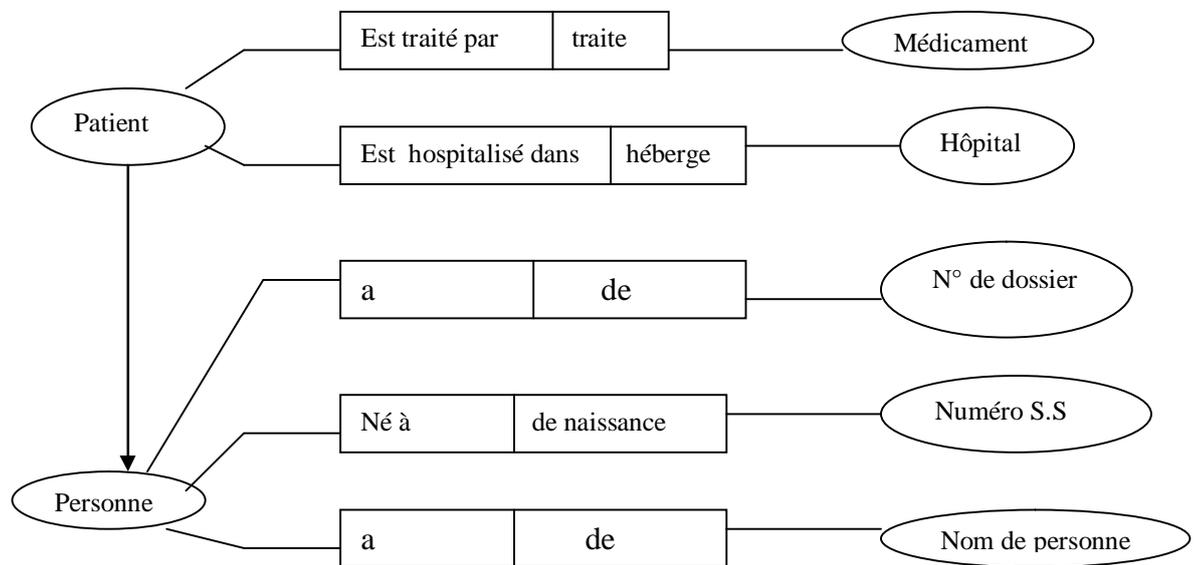


Figure 4.10 : Exemple de schéma conceptuel selon la méthode NIAM

Les occurrences des objets lexicaux sont la représentation totale ou partielle d'un objet non lexical. Elles sont constituées de chaînes ou de nombres. Le nom choisi pour représenter un objet lexical est noté à l'intérieur d'un cercle en traits pointillés dans un schéma conceptuel.

Les idées correspondant à des liaisons (relations) binaires entre les concepts. Elles sont représentées par des rectangles reliant les concepts. Dans chaque rectangle sont indiqués la liaison et son inverse (AB et BA). Un exemple de liaison binaire est le verbe " habite " et son inverse a comme " habitant " entre un concept PERSONNE et Ville. Par définition les liaisons ternaires ne peuvent être représentées directement mais doivent être éclatées en trois liaisons binaires, entre d'une part le concept d'intersection et d'autre part chaque élément de l'association ternaire.

La méthode NIAM permet une représentation graphique poussée de la composante structurale d'un modèle. Elle permet d'établir précisément le vocabulaire d'une application et la sémantique des termes, puisque toutes les liaisons binaires entre termes peuvent être explicitées. Le symbolisme utilisé pour représenter les cardinalités des liaisons est équivalent au symbolisme de Z proposé par Abrial dans la première description du modèle relationnel binaire (figure 4.1)

Formalisme	Modèle	Représentation
Z [Abrial 1974]	Relationnel binaire	
NIAM [Habrias, 1988]	Relationnel binaire	
MERISE [Tardieu 1984]	Entité association	
E.R [Chen 1976]	Entité	

Tableau 4.1 : Formalisme des relations entre les types d'objets

NIAM permet de représenter les concepts de généralisation et d'exclusion entre classes. Par définition, les relations de type n-aires et le concept d'agrégation ne peuvent être représentés directement dans NIAM par opposition aux méthodes basées sur le modèle entité-association. NIAM offre donc un modèle de données mais ne permet pas de modéliser les fonctions d'un système d'information.

4.6 L'approche objet

Le concept objet est apparu à la fin des années 50[BOOCH 1991, Fieschi 2000]. En raison de problèmes de simulation, un ensemble de concepts révolutionnaires qui ne seront réellement exploités qu'ultérieurement, sont proposés et implémentés au cours des années 60 par DAHL et KRISTEN :

- Unifier les données et les codes en une **classe d'objets** ;
- Séparer une classe de ses **instances**, une classe n'étant que le modèle d'un ensemble d'objets ;
- Organiser les classes entre elles par ce qui était appelé le préfixage ; celui-ci permet en utilisant **un graphe d'héritage**, le partage par certaines classes de leurs caractéristiques avec d'autres classes. Au cours des années soixante-dix, Alan KAY formalisa la notion de **message** comme seul moyen d'interaction entre objets.

4.6.1 Les concepts de modélisation

- Les classes :

Une classe est une représentation abstraite d'un ensemble d'objets, en termes de données et de comportement. Elle possède :

- Des **attributs** qui constituent sa partie statique ; ils représentent la description des données propres à la classe (un attribut de la classe *Personne* est par exemple *taille* ou *poids*). Ce sont en d'autres termes, les propriétés des objets représentés par la classe.

Des **méthodes** qui constituent sa partie dynamique ; elles en représentent le comportement c'est-à-dire l'ensemble des actions, procédures, fonctions ou

- Opérations qui peuvent être associées aux objets de la classe (une méthode de la classe *Personne* est par exemple *marcher* ou *parler*).

- Les instances de classes :

Une instance de classe ou objet est un élément qui est décrit par le modèle de sa classe (Mourad est par exemple une instance de la classe *Personne*).

4.6.2 Les concepts d'activation

- Les messages

Des objets de classes communiquent uniquement en échangeant des messages. L'objet émetteur d'un message active l'objet récepteur en provoquant l'exécution d'une des méthodes (opérations) de ce dernier. Aussi un objet peut-il donc communiquer avec lui-même, tout comme la notion de continuation autorise un objet à réémettre un message reçu et qui ne lui est pas destiné ; tandis que la notion de multi-receveurs permet à un objet d'envoyer un même message à plusieurs objets différents.

- L'encapsulation

L'encapsulation consiste à intégrer le code et les données d'une entité au sein d'un objet. Seule l'interface (ou protocole) d'un objet doit paraître visible aux yeux d'un client potentiel. En 1991, Booch affirme que l'encapsulation est le processus qui consiste à empêcher

d'accéder aux détails qui ne contribuent pas aux caractéristiques essentielles d'un objet. Ainsi, l'encapsulation concerne aussi bien les données que les méthodes. Des méthodes encapsulées peuvent faire appel à des données qui sont elles-mêmes protégées.

- Le polymorphisme

C'est un concept qui permet de définir plusieurs formes pour une méthode commune à un ensemble d'objets non nécessairement de la même classe. Ces formes se différencient par le nombre et/ou le type des paramètres qu'elles prennent en charge lors de l'exécution. Par exemple, la méthode *Ajouter* s'appliquera aussi bien à un objet *Livre* qu'à un objet *Abonné* dans la gestion d'une bibliothèque, mais elle recevra des paramètres différents dans les deux cas.

- L'héritage

Il permet d'exprimer les ressemblances entre plusieurs classes. Ce sont les principes de **généralisation** et de **spécialisation** qui sont ainsi mis en œuvre dans le partage de tout ou partie des attributs et méthodes communs. La généralisation s'illustre par exemple dans la relation entre les classes Client et Vendeur et la classe Personne. La spécialisation est quant à elle la relation symétrique à la généralisation. On dira que les classes Client et Vendeur sont des classes filles (sous classes ou classes dérivées) qui héritent de la classe mère (super classe ou métaclasse) Personne.

On distingue plusieurs types d'héritage :

- L'héritage simple : une classe fille n'a qu'une seule classe mère et elle hérite d'une partie des attributs et méthodes de celle-ci en ayant ses propres spécifications.
- L'héritage multiple : en plus de ses spécifications propres, une classe fille hérite de plusieurs classes mères dont elle hérite de chacune, une partie de ses attributs et méthodes.

- La composition

La composition consiste en la réunion de plusieurs objets pour en former un autre comme dans le cas où des objets des classes *Roues*, *Direction*, *Moteur* et *Carrosserie* se réunissent pour former un objet de la classe *Voiture*.

4.7 UML

4.7.1 Origine et présentation

Né à la fin des années 90, UML (Unified Modeling Language) est le résultat de la collaboration [FOWLER01, KETTANI 01, MULLER 97, BATAILLIE 1995], sur le plan de la notation, des principales méthodes qui dominaient l'environnement de la modélisation objet, notamment :

- OMT (Object Modeling Tehnique) de James Rumbaugh,
- Booch de Grady Booch,
- OOSE (Object Oriented Software Engineering) d'Ivar Jacobson.

UML se revendique **comme langage et non comme méthode**. En effet, la plupart des méthodes proposent en principe, un langage de modélisation et un processus. Le langage de modélisation est une notation essentiellement graphique que les méthodes utilisent pour la conception ; tandis que le processus est une façon d'envisager la marche à suivre lors de la conception.

UML a été conçu dans le cadre de la modélisation de « tous » les phénomènes de l'activité de l'entreprise (processus métier, systèmes d'information, systèmes informatiques, composants logiciels...) indépendamment des techniques d'implémentation (système automatisé ou non, langage de programmation...) mises en œuvre par la suite.

UML est un langage pseudo-formel :

Il est fondé sur un métamodèle définissant les éléments de modélisation (les concepts manipulés par le langage) et la sémantique de ces éléments (leur définition et le sens de leur utilisation). Nous noterons qu'un métamodèle est une description très formelle de tous les concepts d'un langage.

Le métamodèle d'UML permet de classer les concepts du langage (selon leur niveau d'abstraction ou domaine d'application) et expose sa structure. C'est cette récursivité, UML expliquant UML, que Muller compare au problème de l'œuf et de la poule [MULLER 97].

UML est un support de communication qui cadre l'analyse objet :

Il propose une notation qui permet de représenter graphiquement les éléments de modélisation du méta modèle ; cette notation graphique est d'ailleurs le support du langage. D'une part il offre différentes vues (perspectives) complémentaires d'un système (vues qui guident l'utilisation des concepts objets) ; d'autre part plusieurs niveaux d'abstraction permettent de mieux contrôler la complexité dans l'expression des solutions objets.

UML est une notation qui n'est pas fermée : elle est générique, extensible et configurable par l'utilisateur.

4.7.2 Modéliser avec UML

Modéliser c'est faire abstraction de la réalité. Etant un des piliers de l'approche objet, l'abstraction est un processus qui consiste à identifier les caractéristiques intéressantes d'une entité en vue d'une utilisation précise. Elle désigne également le résultat de ce processus, c'est-à-dire l'ensemble des caractéristiques essentielles d'une entité, retenues par un observateur [KETTANI 2001, MULLER 1997].

Ainsi un modèle est une vue subjective mais pertinente de la réalité ; en ce sens qu'il ne reproduit pas la réalité absolue mais en reflète des aspects importants au regard des objectifs pour lesquels il est développé.

Exemple : un modèle économique peut permettre de simuler l'évolution de cours boursiers en fonction d'hypothèses macro-économiques (évolution du chômage, taux de croissance...).

- Les éléments d'UML

Les éléments d'UML comprennent les éléments de modélisation et les éléments de visualisation (par exemple, la notion de classe et l'icône associée). Ainsi un modèle donné contient des instances d'éléments de modélisation, pour représenter les abstractions du système en cours de modélisation. Un élément de visualisation procure une projection textuelle ou graphique d'un ensemble d'éléments de modélisation. L'ensemble des éléments de visualisation (ou de représentation) forme la notation, qui permet la manipulation des éléments de modélisation.

Remarque: UML est un langage qui permet de représenter des modèles, mais ne définit pas le processus d'élaboration des modèles. Cependant les concepteurs d'UML ont développé un processus unifié qu'ils ont nommé RUP (Rational Unified Process) mais qui est nettement distinct d'UML c'est-à-dire qu'il est nullement nécessaire pour l'utilisation d'UML. De plus, UML convient à n'importe quel processus et en est totalement indépendant. Nous ne décrivons donc pas ici le RUP.

UML définit neuf (9) diagrammes utilisant les éléments de modélisation et de visualisation pour présenter les différents points de vue de modélisation. Un diagramme permet à l'utilisateur de visualiser et de manipuler des éléments de modélisation

Aussi ces diagrammes se répartissent-ils comme suit :

- Quatre (4) diagrammes structurels pour représenter des vues statiques,
- Cinq (5) diagrammes comportementaux pour représenter des vues dynamiques.

Cela est illustré par les figures 4.11.a.b.c suivantes qu'utilisent le métamodèle d'UML.

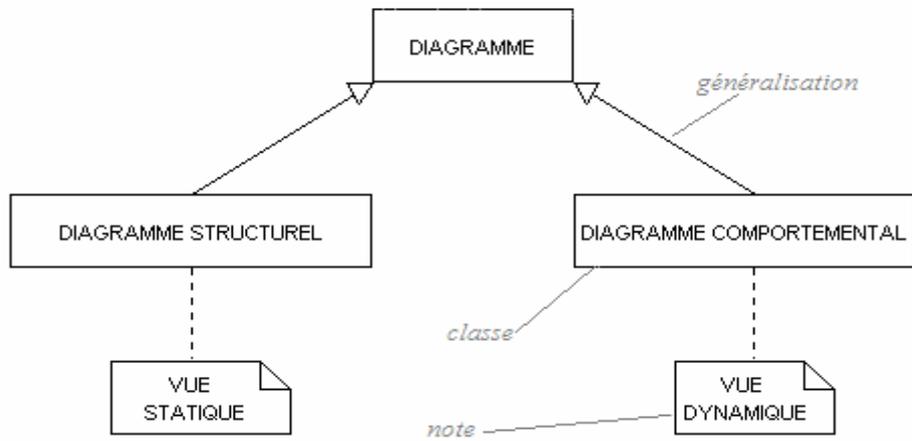


Figure 4.11.a: Diagrammes de modélisation par UML

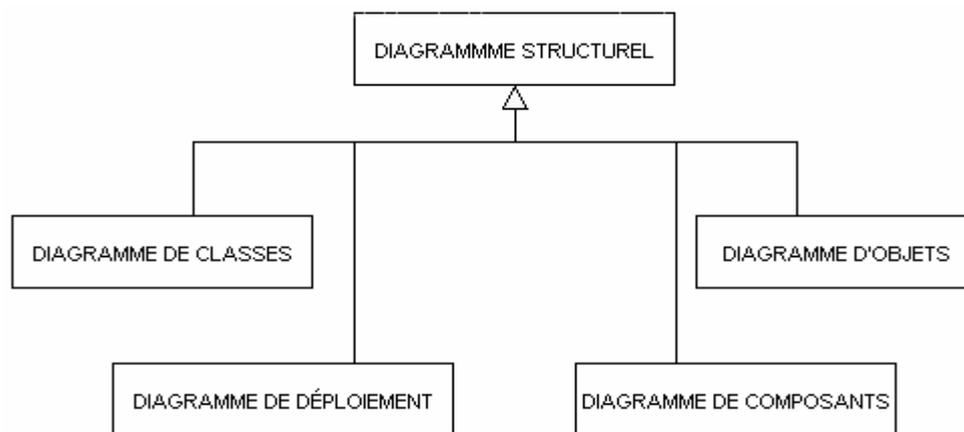


Figure 4.12.b: Diagrammes de modélisation par UML

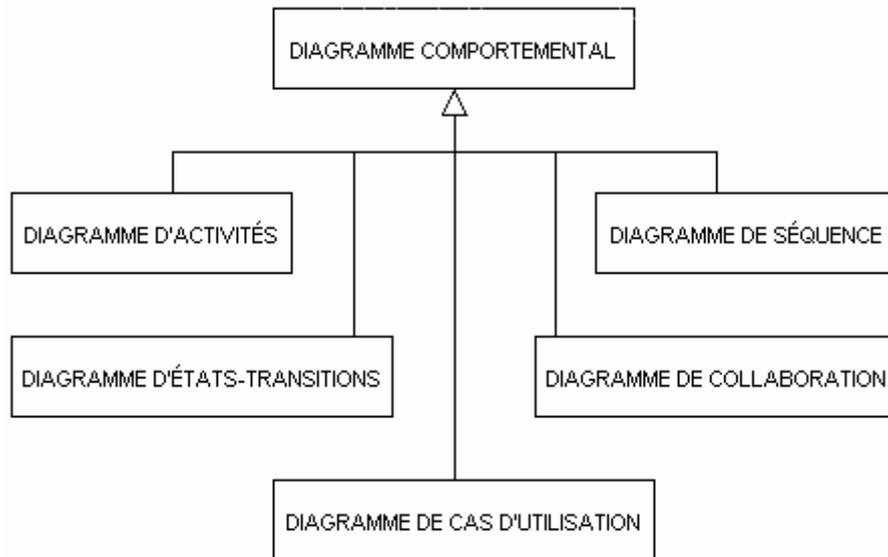


Figure 4.13.c: Diagrammes de modélisation par UML

Comme nous l'avons déjà noté, un diagramme est composé d'éléments de visualisation qui représentent des éléments de modélisation. Un élément peut apparaître dans différents diagrammes pour modéliser une même abstraction selon différents points de vue. La notion de point de vue ne fait pas formellement partie d'UML, mais sa grande utilité lors de la modélisation ou de l'analyse des modèles la rend extrêmement précieuse. Il y a trois points de vue différents selon M. FOWLER [FOWLER 01], que l'on peut considérer lors de la création de n'importe quel modèle même si la différence entre eux n'est perceptible qu'avec les diagrammes de classes :

- Le point de vue conceptuel : c'est lorsqu'on trace des diagrammes qui représentent les concepts du domaine étudié. De fait, un modèle conceptuel ne devrait que peu, ou pas prendre en compte le logiciel qui pourrait le mettre en œuvre ; il devrait donc être considéré comme indépendant du langage.
- Le point de vue des spécifications : c'est le logiciel qui est ici considéré mais seulement ses interfaces et non son implémentation. Le développement objet

insiste beaucoup sur la différence entre interface et implémentation cependant que les langages à objets les combinent.

- Le point de vue de l'implémentation : c'est celui qui est le plus souvent utilisé bien que celui des spécifications soit préférable.

Ainsi un choix judicieux doit être fait sur les diagrammes, les abstractions et les niveaux de détails représentés par ces diagrammes, pour modéliser de la meilleure manière le système, ses caractéristiques et faire ressortir ce qu'il y a d'essentiel.

Les différents diagrammes d'UML et leur finalité sont les suivants :

1. les diagrammes d'activités représentent le comportement d'une méthode ou un cas d'utilisation, ou un processus métier ;
2. les diagrammes de cas d'utilisation représentent les fonctions du métier vu par un observateur extérieur ou du système du point de vue des utilisateurs ;
3. les diagrammes de classes représentent la structure statique en termes de classes et de relations ;
4. les diagrammes de collaboration sont une représentation spatiale des objets, des liens et des interactions ;
5. les diagrammes de composants représentent les composants physiques d'une application ;
6. les diagrammes de déploiement représentent le déploiement des composants sur les dispositifs matériels ;
7. les diagrammes d'états-transitions représentant le comportement d'un classificateur ou d'une méthode en terme d'états ;
8. les diagrammes d'objets représentant les objets et leurs liens sans représentation des envois de messages ;
9. les diagrammes de séquence représentant dans le temps, les objets et leurs interactions.

Conclusion

Ce chapitre qui se voulait un aperçu sur les méthodes de conception des systèmes d'information hospitaliers nous a permis de comprendre les différentes approches de connaître leurs avantages et leurs inconvénients, l'approche objet et la place d'UML dans cette approche, ainsi que l'approche relationnelle et la méthode Merise.

Chapitre 5

Chapitre5 Conception d'un Système d'Information Hospitalier Pour le Service d'Oncologie Médical du CPMC

Introduction

Après avoir vu les différents concepts relatifs aux systèmes d'information notamment hospitaliers nous allons nous atteler à ce niveau à la conception du Système d'Information Hospitalier pour le Service d'oncologie médicale du CPMC. Dans une première étape nous commencerons par la présentation du service et l'étude de l'existant [CHAMBAR 1987].

5.1 Présentation du Service

La lutte anticancéreuse en Algérie débuta en 1928 par la création de principe du centre anticancéreux d'Alger.

Le centre anticancéreux d'Alger était installé dans les locaux de la clinique A de l'hôpital Mustapha. Ce centre, s'il avait le mérite de constituer le premier maillon dans la chaîne de la lutte anticancéreuse en Algérie ne pouvait prétendre à assumer ni le dépistage, ni le traitement de tous les cancers observés.

En 1959, le CPMC comprenait les services suivants :

- Chirurgie générale
- Radiothérapie
- Radio diagnostic
- Médecine
- ORL

-Gynécologie

Actuellement, le CPMC comprend les services suivants (figure 5.1):

-Chirurgie générale

-Sénologie

-Anesthésie réanimation

-Radiothérapie

-Radio diagnostic

-Oncologie médicale

- Hématologie

-Endocrinologie

- Anatomie pathologique

- Cytologie

Nous avons réalisé ce travail au service d'oncologie médicale qui est l'un des principaux services de lutte contre le cancer dans le pays.

5.1.1 Présentation du service d'oncologie médicale

Le service d'oncologie médicale du Centre Pierre et Marie Curie (CPMC) est l'un des principaux centres de prise en charge des malades cancéreux en Algérie. Comme tous les centres de lutte contre le cancer il a pour mission :

La prise en charge, le dépistage des maladies cancéreuses en particulier chez les malades à risques ;

- Un rôle universitaire par la prise en charge et la formation de médecin,

- Et la recherche par la mise en place d'essais thérapeutiques et le suivi des résultats.

Le service d'oncologie médicale se compose de huit unités,

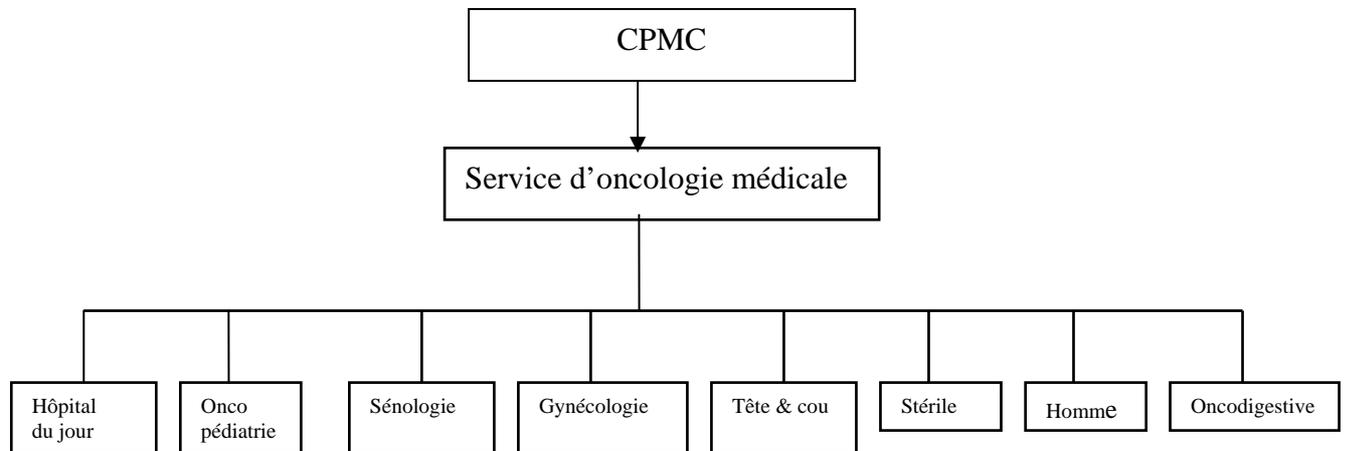


Figure 5.1 : Les unités du Service d'Oncologie médicale

Chaque année un nombre important de malades est recensé en Algérie (30.000) nouveaux cas chaque année, c'est pour cela différents centres ont été ouvert afin de lutter contre ce fléau.

Le service d'oncologie médicale est l'un des principaux centres il s'est spécialisé dans le traitement du cancer, le traitement de cette maladie est d'autant plus efficace qu'il soit précoce, différents traitements sont actuellement utilisés à travers le monde.

5.1.2 Traitements du cancer

Le traitement du cancer est d'autant efficace qu'il soit précoce [KABANE 2004]. Il dépend de la localisation primitive, du type histologique, du stade d'évolution. Les traitements utilisés sont :

- La chirurgie,
- La chimiothérapie,

- La radiothérapie,
- L'immunothérapie,
- L'hormonothérapie.

Afin de mettre en place un système d'information performant il est nécessaire de connaître le système actuel. C'est-à-dire faire une étude de l'existant, identifier le flux d'informations, etc...

5.2 Etude de l'existant

5.2.1 Etude des postes de travail

Un poste de travail désigne un ensemble déterminé de tâches à accomplir régulièrement par un acteur dans le cadre d'une répartition de toutes les tâches qui incombent au collectif dont ce travail fait partie. Nous illustrons ceci par l'exemple suivant :

Désignation du poste : M. Assistant

Structure à laquelle est rattaché ce poste : Service d'oncologie médicale

Responsable de poste : Professeur (Chef de service)

- Taches à accomplir

N°	Désignation
1	Examen des malades
2	Mise en route du traitement
3	Surveillance du traitement
4	Evaluation du traitement
5	Superviser tous les actes de soins des résidents
6	Choix de protocoles
7	Recherche en cancérologie
8	RDV de consultation et hospitalisation
9	Enseignement théorique, pratique des résidents en oncologie médicale
10	Répartition des moyens humains et matériels
11	Organisation et évaluation et de l'activité médicale

Remarques : Pour 10 ; 11 ; Spécifiques au professeur.

5.2.2 Etude des documents

Les documents sont une collection de données, ayant pour objet, le véhicule de l'information aux utilisateurs internes et externes. L'analyse de ces documents permet la connaissance en détail des différents aspects de l'activité et traduit aussi le discours de l'organisme.

On distingue deux aspects : l'aspect qualitatif et l'aspect quantitatif.

- **Analyse qualitative :**

Elle donnera la liste exhaustive des documents manipulés dans le service ainsi que la description des différentes rubriques les constituants.

- **Analyse quantitative :**

Elle sert à déterminer, le taux de remplissage des documents et les imperfections présentées par ces derniers.

Pour l'analyse de ces documents, on utilise la méthode de Castilini [KABANE 2004]. elle offre des outils très appréciables dans ce domaine et qualifie chaque rubrique par l'un des symboles suivants :

Symbole	Signification
X	Information prévue et portée
Y	Information prévue et non portée
Z	Information non prévue et non portée

- **Exemple :**

Désignation : Carte de malade

Rôle : Identifier le malade

Nature : Interne et externe

Origine : Secrétariat

Description : Malade

Support : Fiche cartonnée

Format : 10x13 cm

Couleur : Rose, Blanche, Verte

Nombre d'exemplaire : 2

- **Description du document :**

Désignation	Structure	Nature
<u>En tête :</u>		
Nom	A[20]	X
Prénom	A[20]	X
Code	N[5]	X
<u>Corps :</u>		
Etat civil	A[11]	Y
Age	N[2]	Y
Profession	A[20]	Y
Date d'entrée	D[8]	Y
Date de sortie	D[8]	Y
Diagnostic	A[20]	X
Adresse	C[50]	X
Date de naissance	D[8]	Z
Nom du service	A[17]	Z
Téléphone	N[8]	Z
RDV	D[8]	Z

- **Caractéristiques du document**

Type de rubrique	Nombre	Pourcentage
Information prévue et portée (IPP)	5	35.71%
Information prévue et non portée (IPNP)	5	35.71%
Information non prévue et portée (INPP)	4	28.57%
Total	14	100%

En analysant ce tableau nous pouvons faire les remarques suivantes :

- **Remarque :**

Le document présente un taux de 28.57% d'imperfection. Dans le tableau 5.1 nous récapitulons les différents documents existants :

Document	Nombre des IPP	Nombre des IPNP	Nombre des INPP	Total
Carte de malade	5	5	4	14
Demande de RDV De scanner	10	0	0	10
Demande d'examen échographique	8	0	0	8
Fiche de prescription	13	15	0	28
Bilan sanguin et urinaire	11	5	0	16
Certificat médical confidentiel	7	0	0	7
Certificat médical	4	0	0	4
Télégramme	5	0	0	5
Ordonnance	4	0	0	4
Fiche de transfert et prise en charge	13	0	0	13
Fiche d'observation et d'évolution	7	6	0	13
Dossier médical	11	10	1	22
Total des rubriques	98	41	5	144
Pourcentage	68.05%	28.47%	3.48%	100%

Tableau 5.1 : Etude des documents

La figure 5.2 donne une distribution des différents types de rubriques.

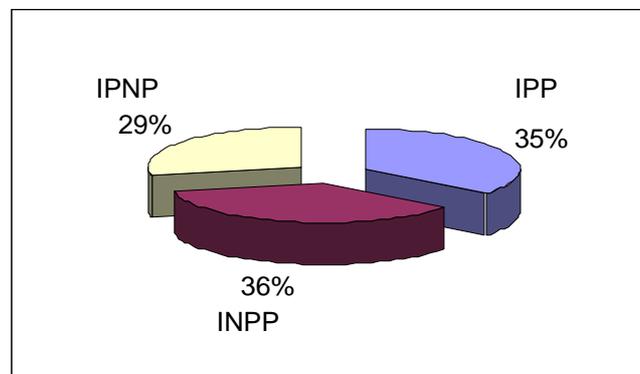


Figure 5.2 : Types de rubriques

La figure 5.2 montre qu'uniquement 35% de l'information est portée, ce qui cause une perte importante des informations et se répercute sur la circulation du flux et la fiabilité des données dans le service d'oncologie médicale.

5.3 Etude des flux

Cette étape consiste en l'analyse du flux d'information, et l'élaboration des diagrammes de flux internes et externes selon la méthode Merise [TARDIEU 2000], où nous avons présenté :

- Les acteurs internes,
- Les acteurs externes,
- Les domaines d'étude,
- Autres domaines en interaction

La description de chaque flux est donnée dans Le tableau 5.2

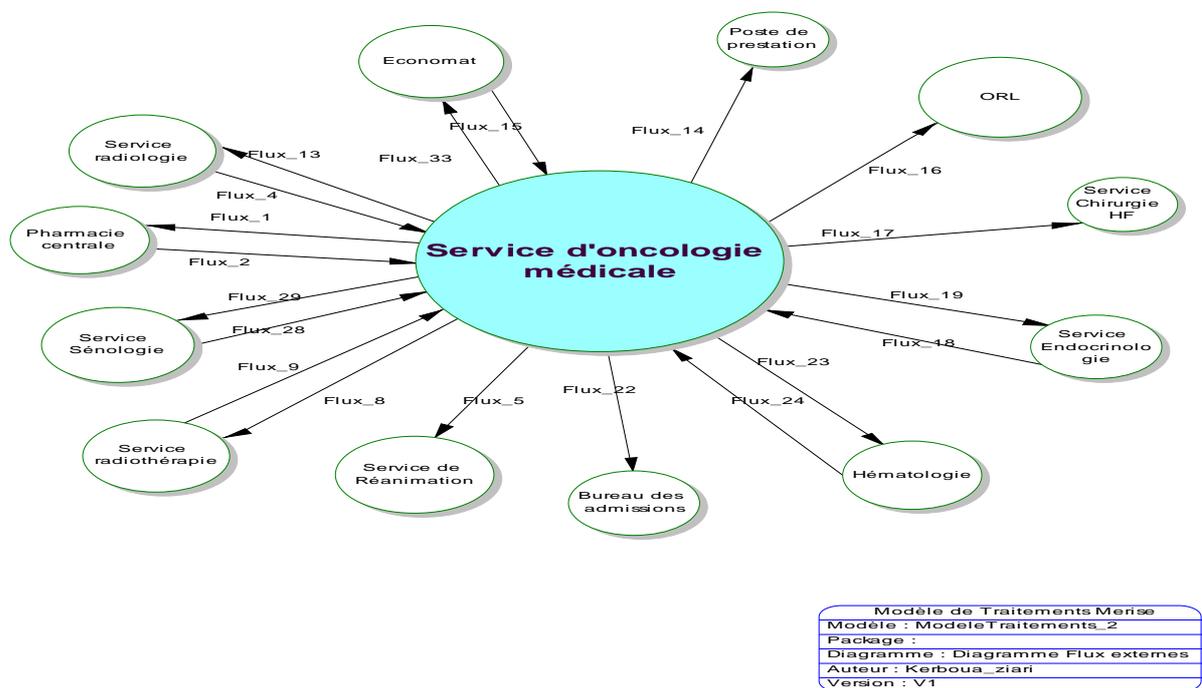


Figure 5.3 : Flux externes

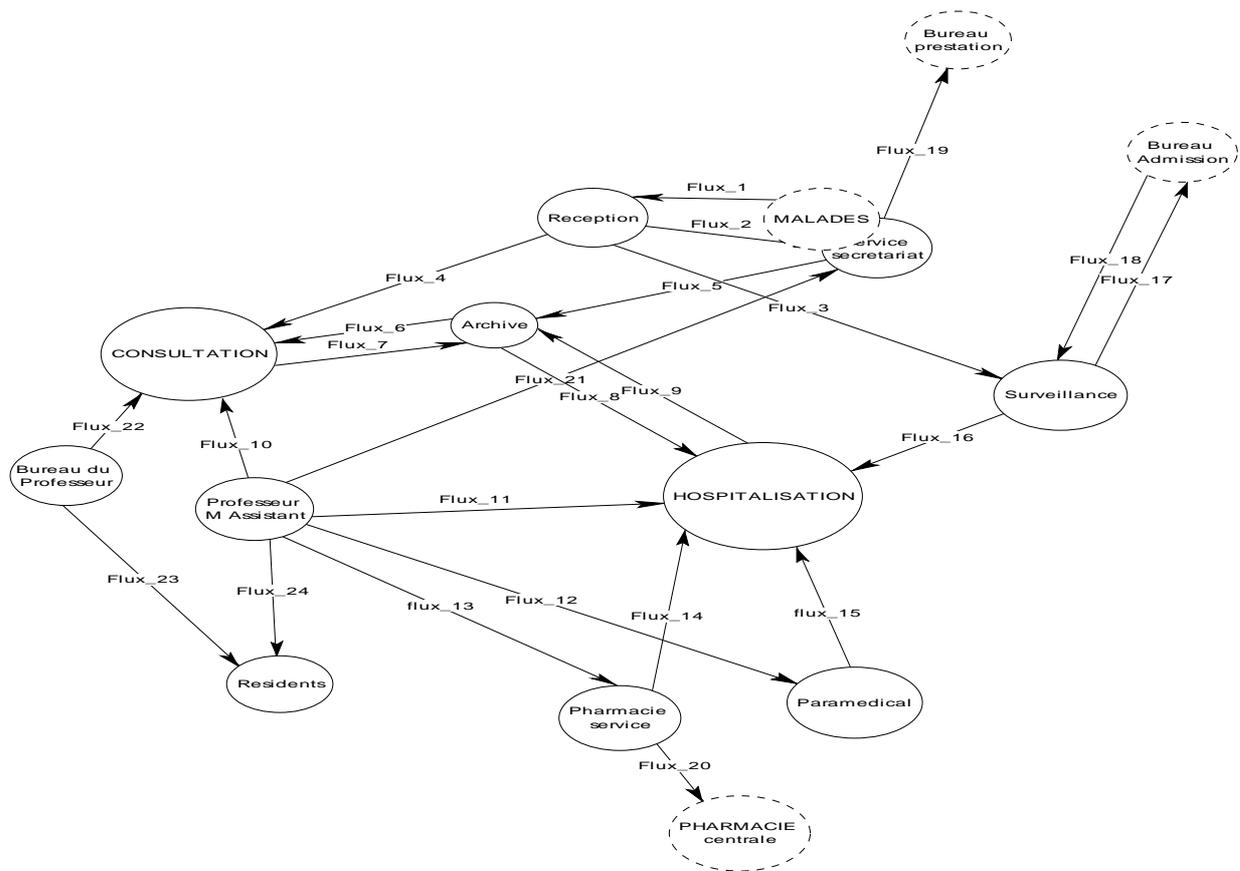


Figure 5.4: Flux internes

La description de chaque flux est donnée en annexe A

Cette analyse du flux (figures 5.3 et 5.4) de l'existant nous a permis d'élaborer un ensemble de critiques d'ordre organisationnelles et informationnelle tels que :

- La codification n'est pas faite par types de pathologie,
- La consultation des dossiers des malades ou de leur transfert vers d'autres services n'est pas enregistré,
- Les niveaux de décision et les responsabilités de chaque poste de travail ne sont pas définis,

- Les documents du service ne sont ni normalisés ni structurés.

Afin de remédier à ces critiques nous suggérons les solutions suivantes :

a- Une codification selon les critères suivants :

- l'unité
- l'année
- le N° d'ordre

b- la demande doit se faire par écrit ;

c- enregistrer les prêts de dossiers ;

e- réaménager le service ;

f- Corriger des documents et mettre en place un système de codage.

Ces solutions permettent :

- une bonne maîtrise de classement des dossiers ;
- on saura à tout moment où se trouve le dossier du malade ;
- d'éviter le mouvement aléatoire des malades dans le service ;
- les documents sont facilement accessibles et complets en matière d'information.

5.4 Analyse synthétisée du système projeté

Suite à la présentation globale du système existant, s'amorce et se justifie l'étape de conception d'un nouveau système d'information dont les objectifs sont :

-Assurer une gestion efficace des dossiers médicaux tant sur le plan informationnel que sur le plan organisationnel,

- Définir un système informatisé pour les activités de recherche et de planifier les rendez-vous,

– Définir un dictionnaire [HEMIDY 1996] de données relatives à la fonction du service contenant les informations indispensables au système d'information développé.

5.4.1 Solutions organisationnelles

Dans le cadre de l'application des orientations de gestion, une amélioration de l'organisation en place est nécessaire, elle portera sur :

- la définition d'une stratégie pour la planification des rendez-vous des patients.
- la modernisation des procédures de travail qui prennent en charge les tâches routinières de traitement des informations par l'outil informatique ;
- la correction de certains documents sur la base d'une information utile et nécessaire au système ;
- la révision du circuit de communication de l'information ;

5.4.2 Les procédures de travail

Les procédures de travail appelées par l'utilisation de l'outil informatique sont :

- L'édition d'états périodiques portant sur l'activité du service ;
- La modification de la procédure de prise en charge des patients ;
- La mise en place d'une procédure de planification des rendez-vous ;
- La création d'une application procédure permettant de retrouver les dossiers qui présentent certaines caractéristiques ;

5.4.3 Les supports d'information

1. création des documents manquants ;
2. exploitation des documents existants et non utilisés ;

3. un document n'a pas lieu d'exister en deux exemplaires, si cela n'est pas nécessaire ;
4. tous les documents concernant le patient doivent porter systématiquement le numéro du dossier ainsi que le nom de l'identifiant afin de faciliter son classement ;
5. rajout d'une rubrique dans l'agenda (consultation, hospitalisation) qui permettra d'évaluer le nombre de patients reçus en consultation ou en hospitalisation par médecin ;
6. la conception d'un document ou d'un fichier doit se faire en collaboration avec les personnes qui l'utilisent ou l'exploitent.

Vu le diagnostic précédent, nous proposons une solution informatique comme support au futur système d'information automatisé pour qu'il puisse répondre aux objectifs que nous avons mis en évidence.

5.5 Solution informatique

Vu le diagnostic précédent, nous proposons une solution informatique comme support au futur système d'information automatisé. Cette solution doit répondre aux objectifs que nous nous sommes fixés.

Cette solution peut revêtir trois formes possibles :

5.5.1 Première solution

Une solution à court terme consiste à installer le micro-ordinateur existant au secrétariat. La saisie sera faite en temps réel par une secrétaire, ce qui permettra de faire une visualisation à la demande.

Nous envisageons également une liaison avec le réseau internet et ce afin d'accéder à des banques de données importantes pour la recherche en cancérologie et épidémiologie.

Cette solution consiste à doter tous les postes d'ordinateurs et créer un réseau. La saisie ou la consultation se fera en temps réel par le biais de requêtes sur une base de données commune.

Nous envisageons également des liaisons en plus du réseau international Internet ainsi qu'avec la direction du Ministère de la santé et le service épidémiologie et de prévention.

Cette proposition présente des avantages et des inconvénients :

Avantages	Inconvénients
C'est une solution qui n'est pas onéreuse Elle est facile à mettre en œuvre Meilleure ouverture sur le monde Richesse et actualité informative	Risque de sur utilisation de l'outil informatique Problèmes en cas de pannes

Tableau 5.3 : Avantages et inconvénients de la première solution proposée

5.5.2 Deuxième solution :

Une solution à moyen terme (monoposte) consiste à doter de l'outil informatique les postes suivants :

- Le poste de consultation : Pour la saisie des nouveaux patients ou la consultation et la mise à jour des informations concernant les patients qui se présentent pour un suivi ;
- Le bureau du professeur (existe déjà) : Sachant que toutes les informations du service doivent parvenir à ce poste ;
- Le secrétariat : pour tout ce qui concerne la gestion des dossiers médicaux
- Pharmacie du service : Où il sera procédé à la saisie des informations relatives à l'entrée et la sortie des médicaments.

Avantages	Inconvénients
Décentralisation des tâches du personnel Fiabilité du système en cas de panne	Coût élevé Personnel non qualifié pour l'utilisation de l'outil informatique

Tableau 5.4 : Avantages et inconvénients de la deuxième solution proposée

Remarques : Cette solution n'est pas réalisable à court terme, en raison non seulement de l'insuffisance des moyens financiers du service, mais aussi du temps qu'il convient de prévoir pour que le personnel médicale et paramédical s'habituent à la manipulation de l'outil informatique ; Une formation préalable du personnel en informatique est nécessaire si l'on retient cette solution.

5.5.3 Troisième solution :

Cette solution consiste à doter tous les postes d'ordinateurs et créer un réseau. La saisie ou la consultation se fera en temps réel par le biais de requêtes sur une base de données commune. Nous envisageons également des liaisons en plus du réseau international Internet ainsi qu'avec la direction du Ministère de la santé et le service épidémiologie et de prévention.

Cette proposition présente des avantages et des inconvénients :

Avantages	Inconvénients
<p>la mise à jour d'une base de données commune</p> <p>l'efficacité dans le traitement de l'information ;</p> <p>le Gain de temps et disponibilité de la machine ;</p> <p>la mise à jour des informations directes ;</p> <p>L'utilisation rationnelle et répartie des machines ainsi qu'une répartition équitable des travaux sur les postes de travail.</p>	<p>la solution est coûteuse ;</p> <p>La nécessité d'une politique de maintenance des appareils ainsi qu'une formation du personnel médical à l'utilisation de cet outil ;</p> <p>La mise en place d'une politique de sauvegarde.</p>

Tableau 5.5 : Avantages et inconvénients de la troisième solution proposée

Après avoir énuméré les avantages et inconvénients de chacune des solutions envisageables, nous avons opté pour la troisième solution car elle répond aux attentes et objectifs du personnel du service d'oncologie médicale.

Pour construire un système d'information cohérent, sans redondance répondant au mieux aux besoins évolutifs des utilisateurs et le moins onéreux possible, nous avons suivi un schéma directeur (CHAMBAR 1987) et pour la modélisation du système d'information nous nous sommes inspirés des méthodes classiques à savoir, Merise et Racine [TARDIEU 2000 , GOURBAN 1993].

5.6 Modélisation du Système d'Information

Pour réaliser un SI, il faut dans un premier temps le comprendre pour définir ensuite ses spécifications. D'où la nécessité d'une étape de modélisation. Le modèle est considéré, dans ce cas comme une représentation du réel défini dans le cahier de charges [KERBOUA 2003].

On peut préciser quelques points qui permettent de mieux comprendre la démarche que nous avons suivie dans la modélisation.

- La modélisation procède par abstraction et donc forcément par simplification de la réalité. La validation est là pour vérifier la conformité du modèle réel ;
- La principale fonction du modèle est de permettre la compréhension du problème à résoudre défini dans le cahier de charges ;
- Il doit être complet, donc représenter la totalité du domaine d'étude (traduire la totalité du cahier de charges) ;
- Enfin, il doit être réalisable.

Pour la modélisation du système d'information [ACSIOME 1991, DIONISI 1998, OLLE 1990 et TARDIEU 2000] nous avons suivi une démarche dite par niveau, dans laquelle il s'agit de hiérarchiser les préoccupations de conception qui sont de trois ordres: La gestion, l'organisation, et la technique.

5.7 Conception du nouveau système

A ce niveau s'amorce et se justifie l'étape de conception d'un nouveau système d'information dont les objectifs sont :

–Assurer une gestion efficace des dossiers médicaux tant sur le plan informationnel que sur le plan organisationnel,

– Définir un système informatisé pour les activités de recherche et de planifier les rendez-vous ;

– Définir un dictionnaire [HEMIDY 1996] de données relatives à la fonction du service contenant les informations indispensables au système d'information développé.

Le nouveau modèle des flux est représenté par la figure 5.5.

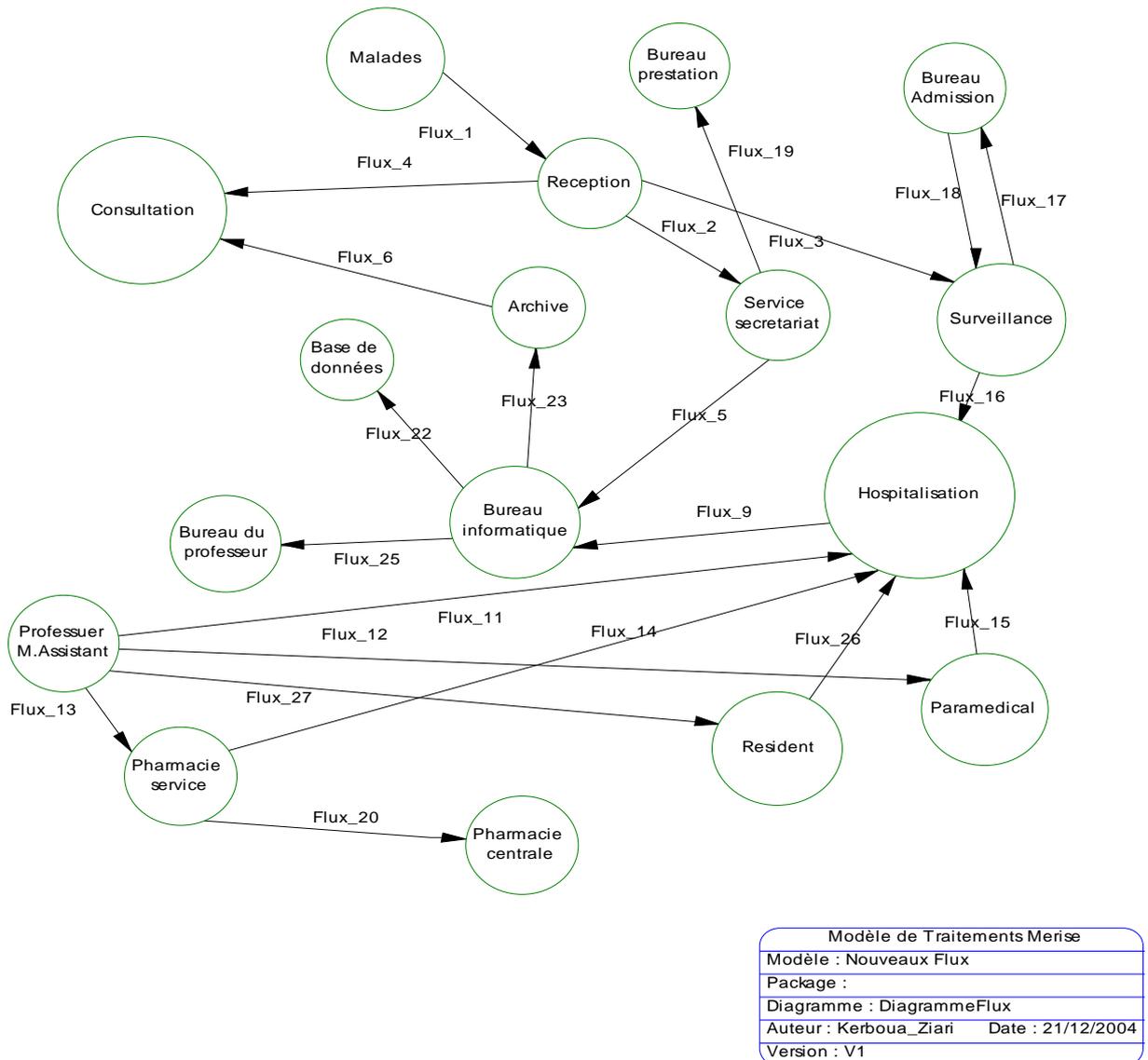


Figure 5.5 : Les nouveaux flux

La description de ces nouveaux flux est donnée en annexe A

Les différentes règles de gestion sont :

1. Le médecin traitant prescrit, pour chaque malade un protocole composé de médicaments à une date déterminée ;
2. le médecin peut donner un ou plusieurs RDV aux malades, comme il ne peut rien donner ;
3. Toute pathologie doit être classée selon une classification CIM-O90 et TNM [TNM 1997] ;
4. Un patient ne peut posséder qu'un seul dossier, même s'il a plusieurs pathologies dans le service ;
5. Un patient peut avoir ou non un ou plusieurs antécédents ;
6. Chaque malade admis est suivi dans une unité du service ;
7. Chaque médecin exerce son métier dans une unité du service ;
8. Une hospitalisation peut durer de un à cinq jours au maximum ;
9. Un protocole peut durer plusieurs mois;
10. sur le plan médico légal toute thérapeutique basée sur la chimiothérapie ou radiothérapie, nécessite une analyse anatomo-pathologique confirmant le cancer ;
11. Un patient peut avoir une à plusieurs analyses anatomo-pathologiques ;
12. Un patient peut avoir une seule classification TNM à une date donnée ;
13. Un patient peut avoir un à plusieurs rendez-vous ;
14. Une analyse anatomo-pathologique ne peut avoir qu'un et un seul type topographique et morphologique ;
15. Un médecin peut prescrire ou non un à plusieurs protocoles ;

16. Un protocole est composé d' un ou de plusieurs médicaments ;

17. Un médecin suit un patient pour un type d'examen ;

21. Un patient est suivi dans un ou plusieurs services.

5.8 Conception du modèle orienté objet avec le langage UML.

5.8.1 Définition des besoins des utilisateurs

L'informatisation du dossier du malade, correspond au premier niveau de complexité d'un SIH [FIESCHI 2000].

Cette informatisation du dossier du malade doit offrir aux futurs utilisateurs du système que seront exclusivement les médecins, un accès immédiat aux données et informations concernant un patient et cela dans un environnement de travail qui ne sera pas éloigné du dossier matériel pour éviter le rejet du système et en faciliter l'adaptation. Le système nécessairement sécurisé (accès par nom d'utilisateur et mot de passe), devra permettre une recherche de dossier par numéro ou par nom.

Concernant l'aide à la décision, le système doit pouvoir suggérer au médecin le protocole de chimiothérapie qui « convient » le mieux à un patient et ce à n'importe quel niveau de traitement que ce soit.

Dans ce cas nous nous sommes intéressés qu'aux dossiers des malades atteints d'un cancer du cavum au niveau de l'unité Tête et Cou.

Ces besoins sont modélisés par le diagramme des cas d'utilisation du système et les diagrammes de séquence des principaux scénarii (diagrammes Séquence Système1, Séquence Système2, Séquence Système3, séquence système4).

Naturellement pour pouvoir atteindre les objectifs assignés au système (le cahier des charges),

nous devons faire une étude de faisabilité.

5.8.2 Etude de faisabilité

Elle consiste à déterminer la complexité du cahier des charges en termes de moyens nécessaires à sa réalisation notamment les ressources humaines et matérielles (software et hardware) et le temps (pour respecter les délais).

Informatiser le dossier du malade et y adjoindre une aide interactive à la décision reviendront à concevoir une application de Base de Données. Par définition une application de base de données permet aux utilisateurs d'interagir avec les informations stockées dans une base de données laquelle permet à son tour de structurer les informations et les partager entre plusieurs applications. Une application de base de données est composée de trois parties principales : l'interface utilisateur, un ensemble de composants d'accès aux données et la base de données elle-même.

La consultation des dossiers nous a permis d'en connaître les éléments constitutifs et d'en comprendre la structure ; mais aussi de déterminer avec la confirmation des médecins, les types de données qui constitueront la structure de la base de données. Ainsi nous avons trouvé trois types de données : des données de type élémentaire (alphanumériques), des textes et des images.

Cela nous permettra compte tenu des moyens matériels et humains disponibles, de choisir le serveur de base de données qui sera nécessairement local.

En ce qui concerne les moyens, nous avons fait le constat suivant :

- Les utilisateurs du système en seront également les administrateurs. Or ce sont des médecins qui n'ont pas reçu une formation spécifique en administration de base de données.

- Il est donc nécessaire de choisir un serveur de base de données facile d'utilisation et concevoir une application également simple à manipuler. Cela nous amène à concevoir une base de données relationnelle. Nous donnerons les raisons de notre choix dans la section que nous consacrerons à la conception de la base de données
- L'unité Tête et Cou du service dispose d'un ordinateur de dernière génération (Pentium4, 2.4 GHz, 128 Mo de RAM et 40 Go de disque dur) exploité avec les systèmes Windows98 et Windows XP Professionnel.

Avant tout nous allons déterminer les processus métiers qui impliquent le patient et desquels résultent des données et des informations à stocker.

5.8.3 Modélisation du métier

Le métier est l'organisation, objet de l'étude, circonscrite dans son périmètre [KETTANI 2001]. Ici nous nous intéressons à ce qui se passe principalement à l'endroit d'un malade lorsqu'il sollicite le service pour une prise en charge.

Nous employons pour ce faire un diagramme de cas d'utilisation que nous pouvons voir sur la figure 5.7.

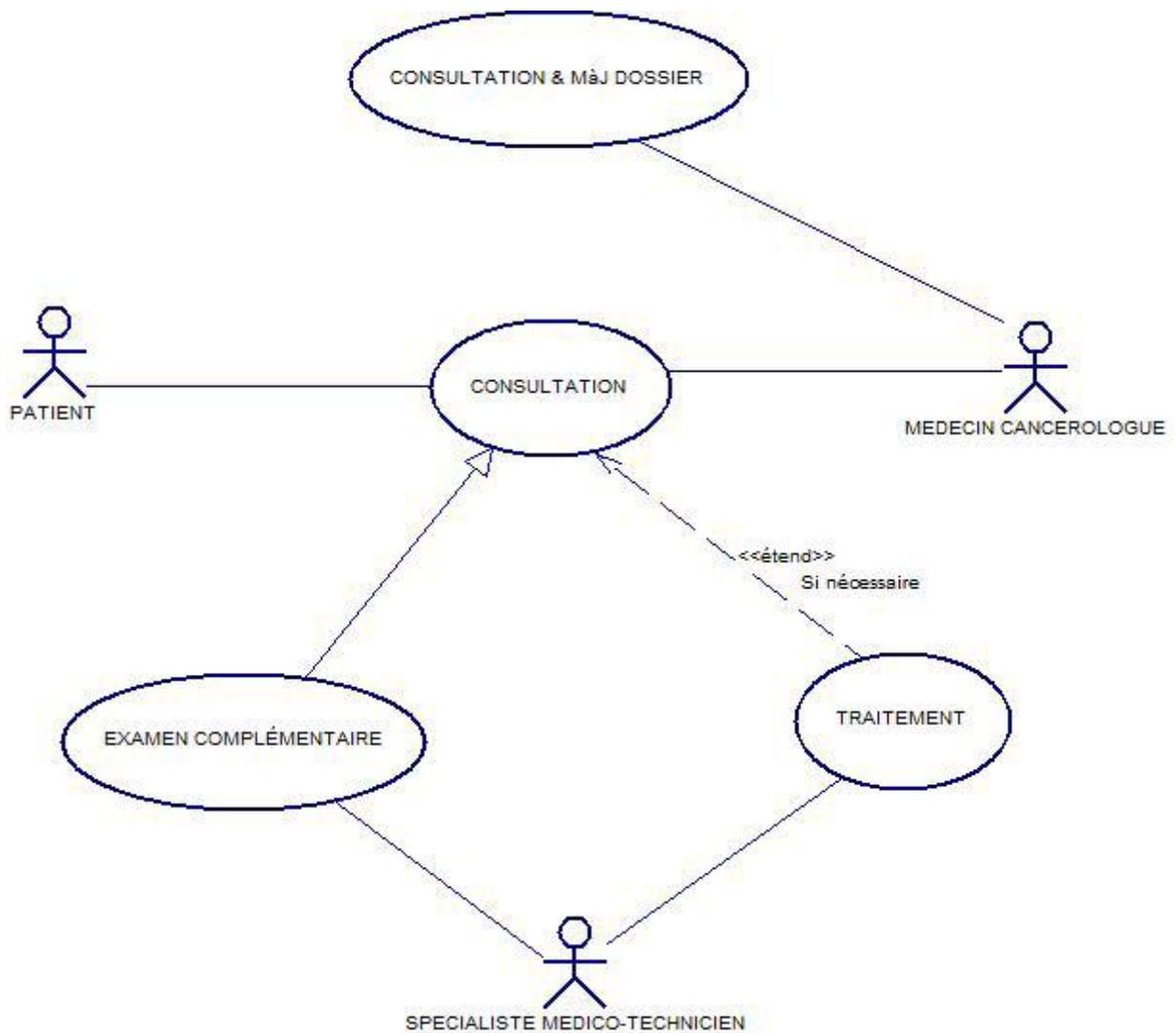
Un cas d'utilisation ou processus métier est l'ensemble des activités internes d'un métier dont l'objectif est de fournir un résultat observable et mesurable pour un utilisateur individuel du métier.

Une description textuelle de ce diagramme des cas d'utilisation est la suivante :

Le cas d'utilisation « Consultation » débute lorsqu'un patient arrive au service et entre en contact avec un médecin. Le médecin l'examine et décide s'il est nécessaire de lui prescrire un traitement. Le cas d'utilisation prend fin lorsque l'entrevue prend fin.

Le cas d'utilisation « MàJ dossier » débute lorsque le médecin ouvre le dossier d'un patient. Il

met à jour les données sur le patient. Le cas d'utilisation prend fin lorsque le médecin ferme le dossier.



Modèle orienté objet
Modèle : Modèle Unité de Soins CPMC
Package :
Diagramme : Cas d'utilisation Métier
Auteur : Kerboua_ziani
Version :

Figure 5.7 : Cas d'utilisation Métier

En fait, un cas d'utilisation est un ensemble de scénarii déterminés par un même objectif, celui de l'utilisateur.

Parmi ces scénarii il existe un principal, les autres étant secondaires. Nous n'avons décrit ci haut que les scénarii principaux des deux cas d'utilisation. « Consultation » possède plusieurs scénarii secondaires parmi lesquels :

Le médecin reçoit et examine le patient. Il décide de demander des examens complémentaires d'imagerie et/ou de biologie. Le médecin met fin à l'entrevue.

La spécialisation de « Consultation » en « Examen complémentaire » s'explique comme suit :

Un examen complémentaire est demandé par le cancérologue ; donc c'est un scénario du cas « Consultation » mais comme un autre acteur différent du cancérologue intervient à l'exclusion du cancérologue pour mener un ensemble d'activités ayant le même but, nous considérons que « Examen complémentaire » constitue un cas d'utilisation spécialisant le cas de base.

Le cas d'utilisation « MàJ dossier » possède également quelques scénarii secondaires :

Le médecin crée le dossier d'un nouveau patient et y ajoute des données. Le médecin ferme le dossier.

Le cas d'utilisation « Consultation » peut faire intervenir soit par spécialisation soit par extension plusieurs acteurs secondaires internes ou externes notamment des spécialistes qui s'occupent d'imagerie médicale, de biologie, de radiothérapie ou de chirurgie. Ils interviennent en soutien au cancérologue pour affiner son diagnostic ou exécuter un traitement. Cela suppose donc qu'ils échangent des messages. Nous pourrions voir ces interactions avec les diagrammes de séquences de quelques scénarii.

5.8.4 Diagrammes de séquences

Le diagramme Séquence Métier 1 (figure 5.8) montre les interactions possibles entre un patient, le cancérologue et un spécialiste en biologie ou imagerie médicale. Celui-ci aide le cancérologue à affiner son diagnostic, à préparer ou à évaluer un traitement.

Le diagramme Séquence Métier 2 montre quant à lui les interactions possibles entre un patient, le cancérologue et un spécialiste en radiothérapie ou en chirurgie. Celui-ci exécute si nécessaire un traitement sur suggestion du cancérologue.

En ce qui concerne les diagrammes Séquence Métier 3 et Séquence Métier 4, ils montrent ce qui se passe entre le cancérologue et le dossier d'un malade. Le cancérologue y stocke toutes les données et informations relatives à un patient donné dès que celui-ci sollicite une première fois les soins du service.

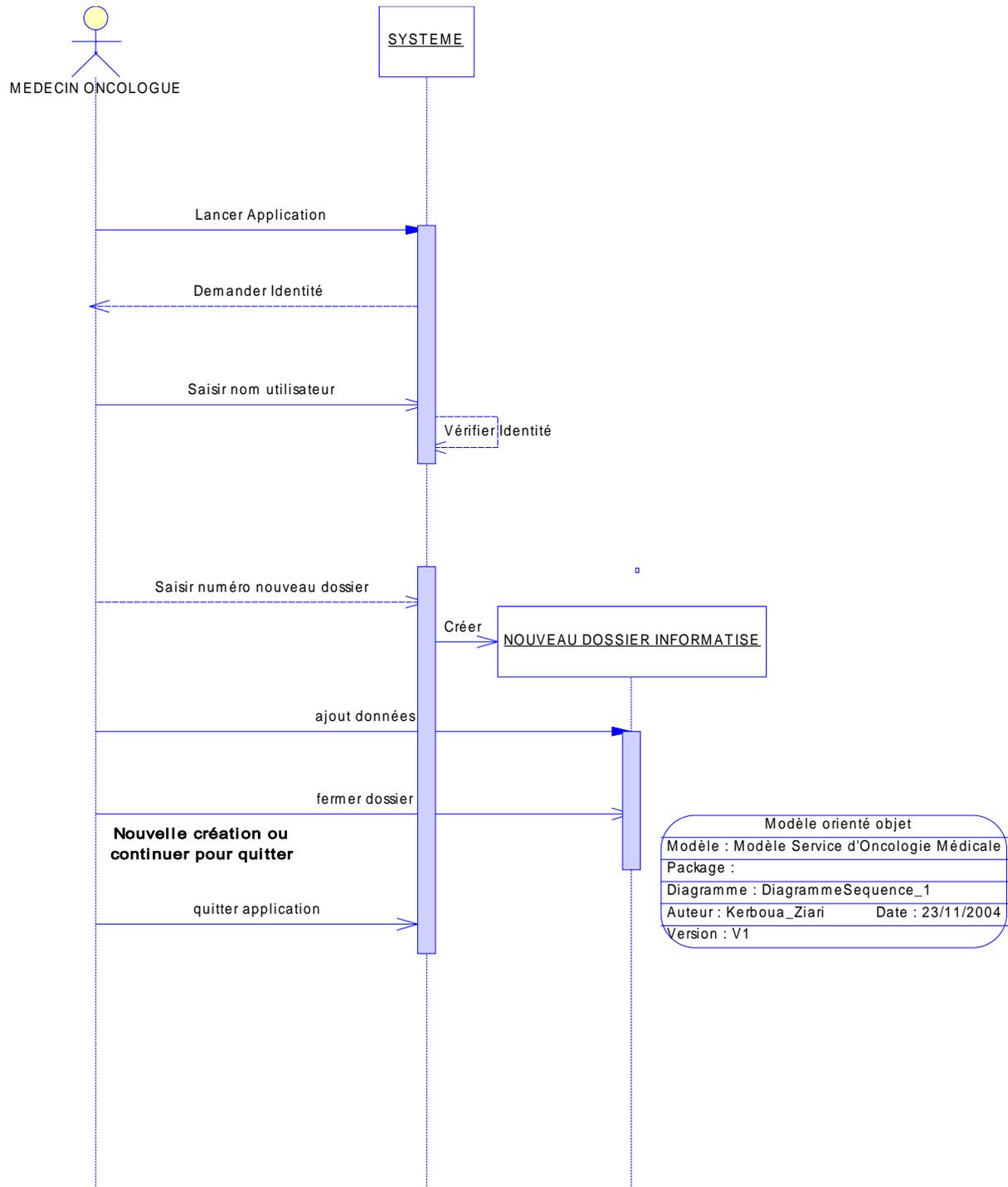
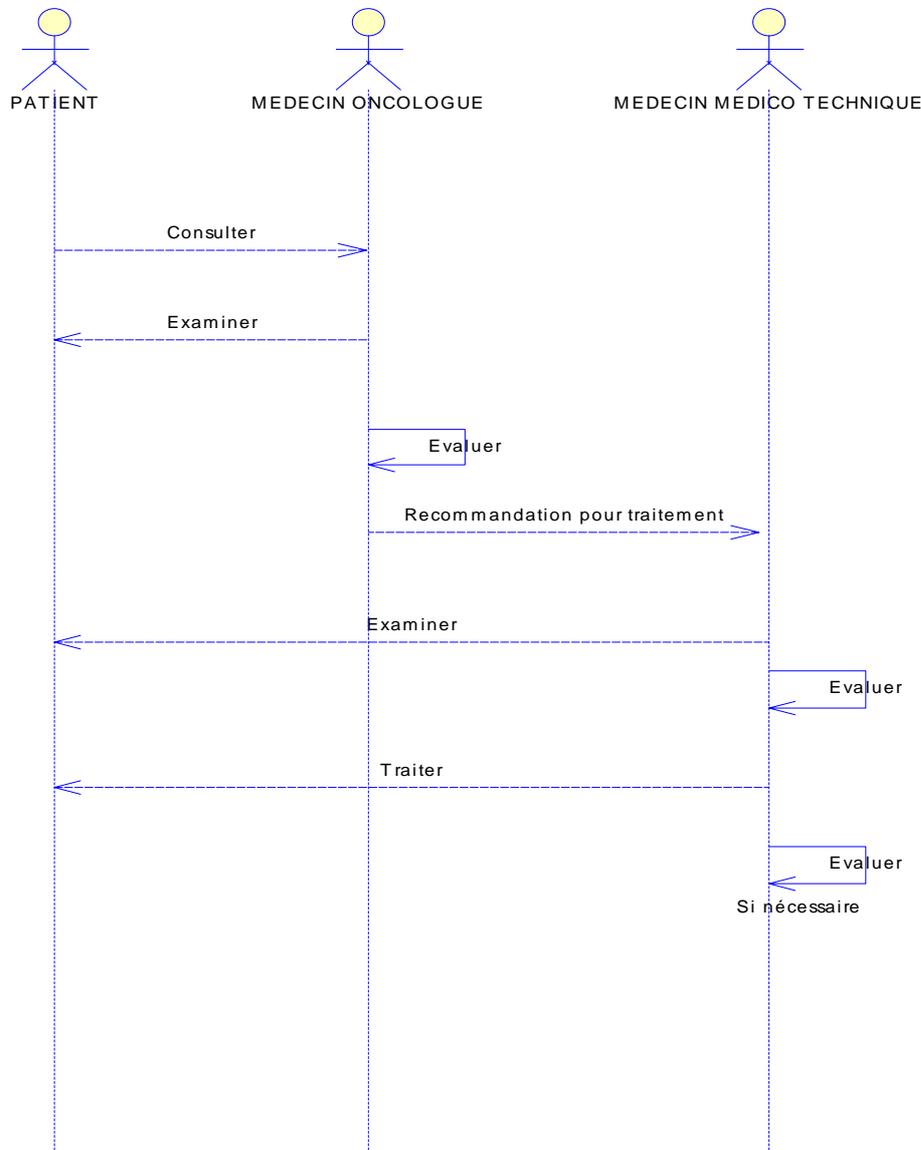


Figure 5.8 : Diagramme séquence1

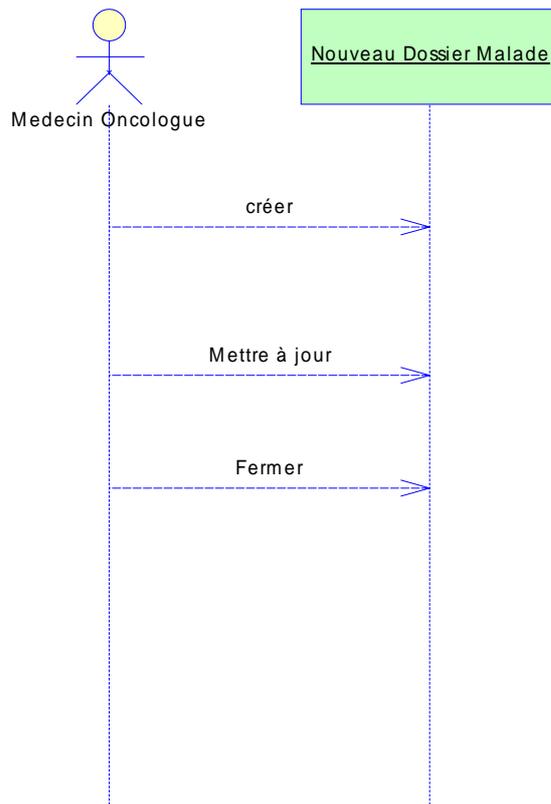
Le diagramme de séquence 2 (figure 5.9) montre quant à lui les interactions possibles entre un patient, le cancérologue et un spécialiste en radiothérapie ou en chirurgie. Celui-ci exécute si nécessaire un traitement sur suggestion du cancérologue.



Modèle orienté objet	
Modèle : Modèle: Modèle Unité de soins Onc	
Package :	
Diagramme : Sequence Métier2	
Auteur : Kerboua_Ziari	Date : 22/11/2004
Version : v1	

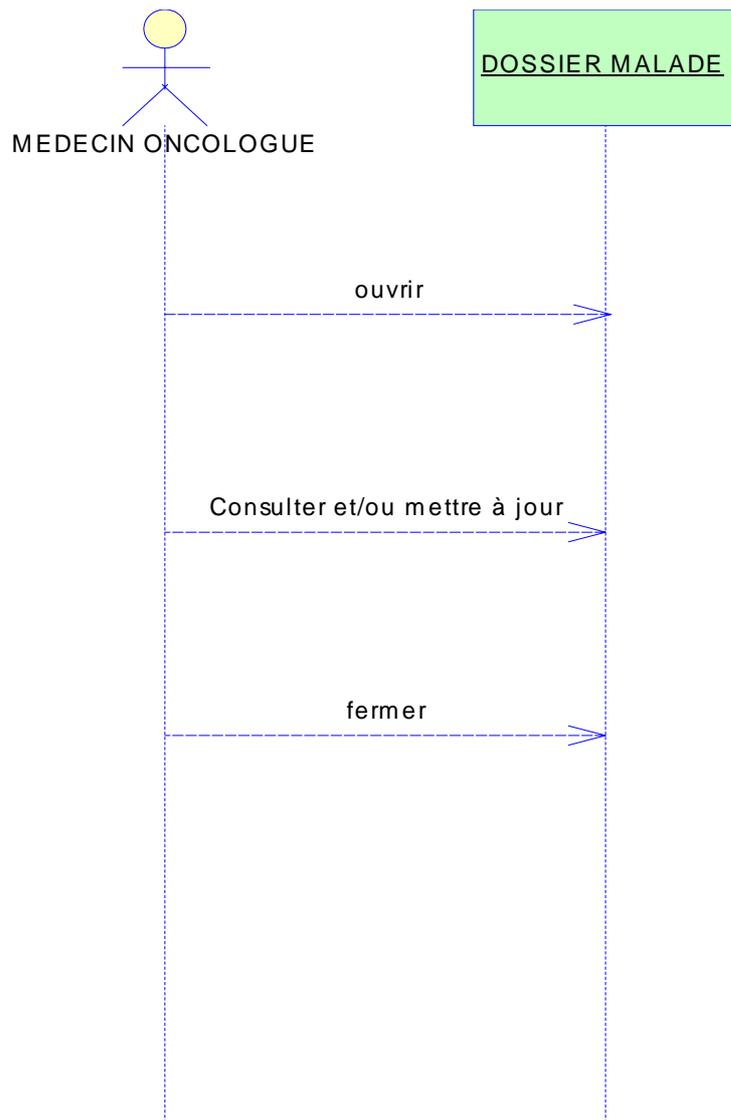
Figure 5.9 : Diagramme séquence2

En ce qui concerne les diagrammes de séquence 3 et 4 (figure 5.10,11), ils montrent ce qui se passe entre le cancérologue et le dossier d'un malade. Le cancérologue y stocke toutes les données et informations relatives à un patient donné dès que celui-ci sollicite une première fois les soins du service.



Modèle orienté objet	
Modèle : Modèle: Modèle Unité de Soins Oncologie	
Package :	
Diagramme : Sequence Métier_3	
Auteur : Kerboua_Ziari	Date : 22/11/2004
Version : V1	

Figure 5.10 : Diagramme séquence 3



Modèle orienté objet	
Modèle : Modèle Séquence Métier4	
Package :	
Diagramme : DiagrammeSequence_4	
Auteur : Kerboua_Ziari Date : 22/11/2004	
Version : V1	

Figure 5.11: Diagramme séquence 4

5.9 Conception de la base de données

Nous avons dans l'étude de faisabilité, décidé de concevoir la base de données sous le modèle orienté objet [GARDARIN 2003, ALLEN 1998]. En effet les SGBDO offrent des fonctionnalités attrayantes orientation objet de la modélisation, techniques de gestion de la persistance des objets et une algèbre d'objets complète.

Il s'agit à présent de percevoir le métier non plus en termes d'acteurs et de cas d'utilisation mais plutôt en termes d'objets. Nous utiliserons pour cela un diagramme de classes. Rappelons qu'au niveau conceptuel, comme le préconise Martin Fowler [FOWLER 2001], on ne doit se préoccuper que des concepts du domaine à étudier.

Cependant une question surgit immédiatement : comment modéliser objet ? UML est un langage qui est extensible et configurable par son utilisateur, pourvu que son métamodèle soit gardé intact. En effet, la notation UML n'a pas été initialement pensée pour les bases de données mais elle permet d'offrir un même formalisme aux concepteurs d'objets métiers et aux concepteurs de base de données.

Christian Soutou [SOUTOU 2002] soutient que le diagramme de classes, avec ses caractéristiques, convient parfaitement à la modélisation d'une base de données. Il suffit en effet de percevoir les classes avec le stéréotype « Table ». On pourra alors appliquer des règles de validation inspirées des principes de normalisation du modèle relationnel. Cela nous assure dès le niveau conceptuel de la cohérence de la base de données. Ces règles sont les suivantes :

- **Caractère élémentaire d'un attribut** : Tous les attributs sont élémentaires dans le sens qu'ils doivent être non décomposables.

- **Vérification (*non redondance*):** Un attribut figure une seule fois dans le diagramme, soit dans une classe soit dans une classe-association.
- **Première Forme Normale :** Chaque attribut d'une classe ou d'une classe-association possède au plus une valeur à un instant t.
- **Deuxième Forme Normale :** Chaque attribut d'une classe dépend de l'identifiant de la classe ; chaque attribut d'une classe-association dépend simultanément des identifiants des classes connectées à l'association.
- **Troisième Forme Normale :** chaque attribut doit dépendre d'un identifiant dans le cas d'une classe ou de plusieurs identifiants dans le cas d'une classe-association et non d'un autre attribut voisin, lui-même dépendant d'un ou de plusieurs identifiants.

Avec tous ces outils nous pouvons ainsi élaborer notre diagramme des classes qui est également le schéma conceptuel de la base de données. C'est ce que nous pouvons voir sur la figure 5.12.

Pour la génération de toutes les tables du diagramme de classe nous avons utilisé un logiciel (Power AMC10), ce dernier permet d'obtenir le modèle physique (figure 5.13).

C'est un outil informatique qui applique de façon algorithmique toutes les règles nécessaires à la conception du modèle logique de la base de données, il ne reste plus qu'à créer la base de données.

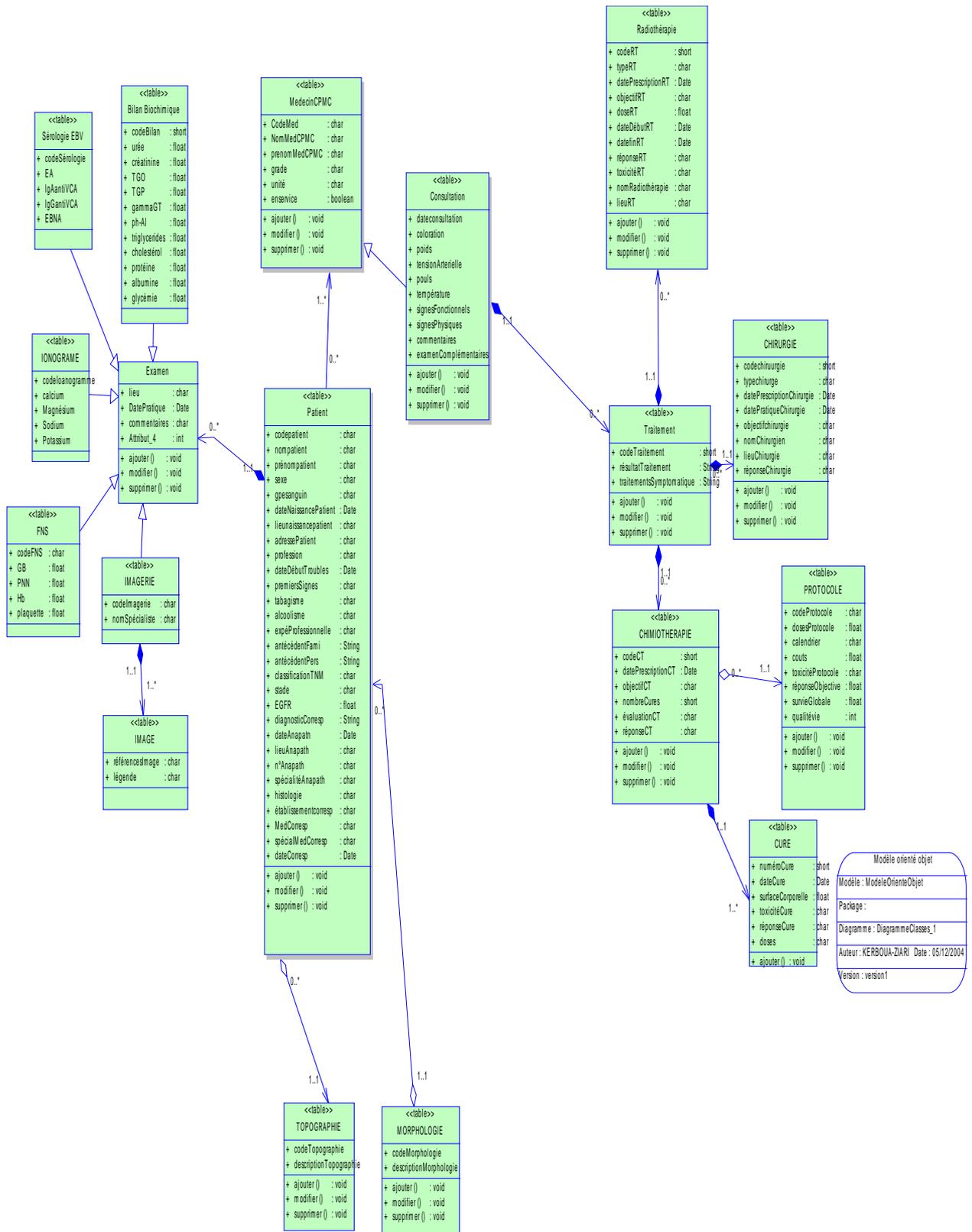


Figure 5.12 : Diagrammes des classes

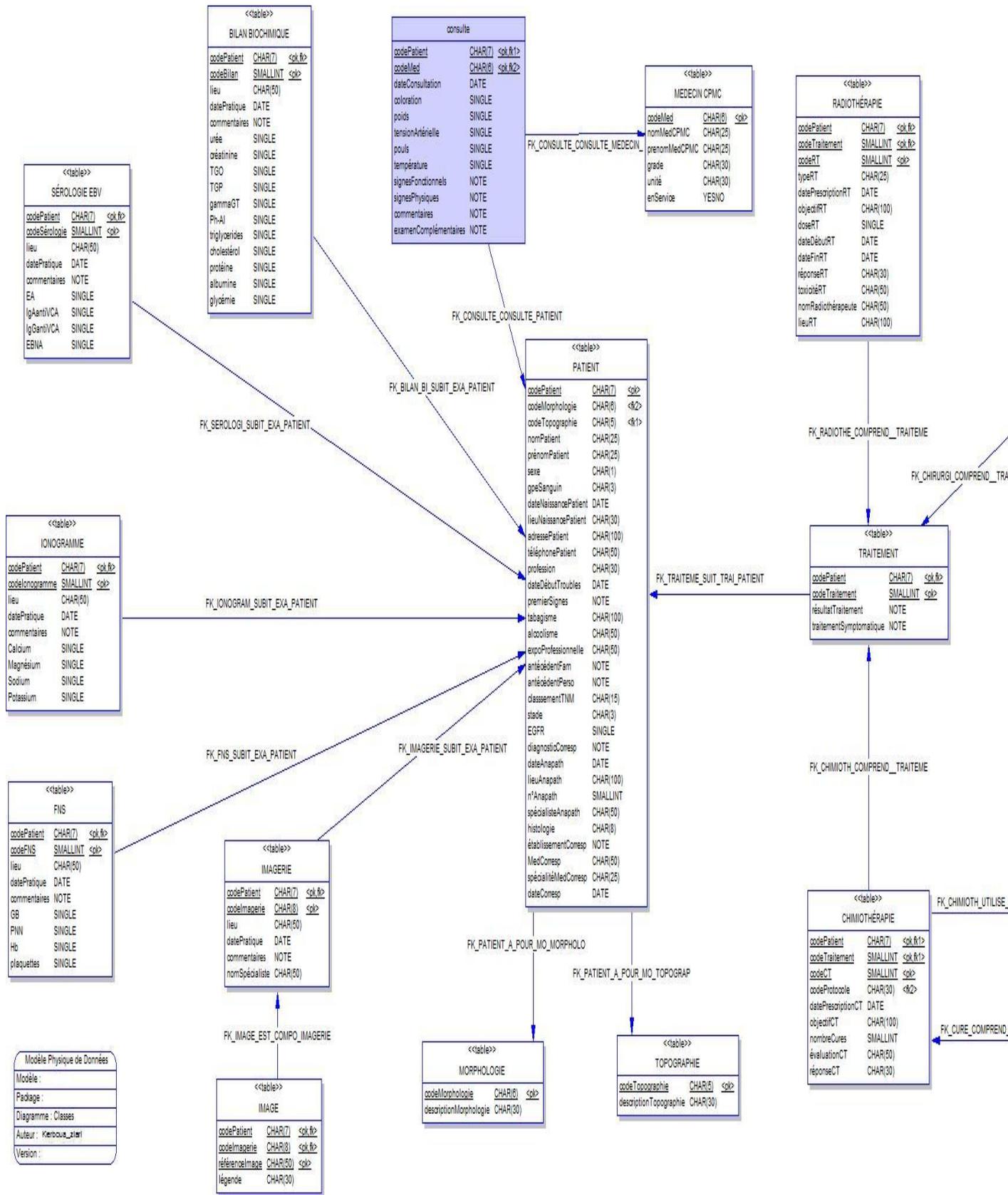


Figure 5.13 : Modèle physique des données

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fait l'étude de l'existant du service, nous avons proposé une solution aux problèmes recensés, nous avons aussi mis au point le système d'information hospitalier, il ne reste plus qu'à lui intégrer un système interactif d'aide à la décision, c'est ce que nous verrons dans le prochain chapitre

Chapitre 6

Chapitre 6 : L'AIDE A LA DECISION MEDICALE

Introduction

Plusieurs méthodes comprenant les statistiques, la reconnaissance des formes, l'intelligence artificielle et les réseaux de neurones ont été utilisées pour l'aide à la prise de décision médicale. A côté de ces méthodes, existe l'aide multicritère à la décision médicale [BELACEL 2001]. Ce chapitre est dédié à la présentation des différentes méthodes utilisées en aide à la décision médicale, et en particulier à la méthode que nous avons adoptée

6.1 L'aide à la décision médicale

Pour concevoir un système d'aide à la décision médicale qui répond à toutes les contraintes, le médecin doit avoir à sa disposition un ensemble de données fiables et une méthode efficace pour convertir de façon optimale les données disponibles. Celle-ci lui permet d'avoir une solution qui satisfasse l'ensemble des contraintes spécifiques au problème tout en réalisant au mieux les objectifs. Le modèle conceptuel optimal d'aide à la décision médicale devrait avoir les caractéristiques suivantes:

- Une représentation réaliste des données médicales ;
- Une couverture compréhensive de toutes les caractéristiques essentielles et activités dans le système intégré ;
- Une capacité de s'adapter aux changements de l'environnement et du système;
- Une flexibilité dans la prise en compte de différents critères de sélection et politique ;

-
- Une possibilité de s'adapter pour des développements futurs dans le cadre de situations nouvelles ou complexes [WONG 1973].

Les systèmes d'aide à la décision médicale ont fait l'objet de multiples réalisations. Depuis plus de quinze ans, des approches se multiplient en médecine comme dans d'autres domaines des sciences et des techniques. Au préalable, des approches plus traditionnelles, basées sur des méthodes statistiques ou probabilistes, avaient été largement développées.

6.1.1 Décision médicale

La médecine est une discipline d'action continue [DEGOULET 1994]. Quand le médecin est confronté à un malade, il doit essayer d'établir l'identification de l'état du malade (diagnostic), une prévision raisonnable de l'évolution de la maladie (pronostic), et proposer des actes dont les uns serviront essentiellement à valider le diagnostic (investigation diagnostic) et les autres à modifier l'évolution de la santé du malade (acte thérapeutique). Sur la base de ce constat on distingue trois types de décisions médicales ;

- Une décision diagnostique, qui sert essentiellement à identifier l'état du patient à partir d'un certain nombre d'examen cliniques tout en s'appuyant sur plusieurs éléments de la nosologie ;
- Une décision pronostique qui vise une prévision fiable de l'évolution de la maladie ;
- Une décision thérapeutique servant à éradiquer le mal.

Ce type de décision est considéré comme étant le but de l'action médicale, tout en minimisant les coûts et les risques, mais pour prendre les décisions adéquates le médecin a besoin d'information.

6.1.2 L'information médicale

« L'information médicale est le matériau utilisé par le médecin »[GREMY 87].

Pour prendre les décisions qui constituent l'essence de son métier le médecin utilise des informations, qui se présentent sous deux formes :

- Les informations acquises au cours de son apprentissage (les méthodes d'apprentissage sont les plus adéquates);
- Les autres sont recueillies sur le malade ou auprès de lui, celles-ci représentent les faits sur lesquels est bâti le processus intellectuel qui va amener le médecin à poser son diagnostic et proposer sa thérapie (Méthodes directes ou interactives sont les plus appropriées).

La qualité essentielle d'une information médicale est la validité, une donnée est valide si elle présente des qualités suffisantes pour être interprétée en vue d'une décision médicale. Pour assurer la validité d'une information plusieurs qualités sont nécessaires.

- **l'exactitude** : L'information doit refléter la réalité des données qualitatives et quantitatives ;
- **la précision** : Le reflet de la réalité n'est jamais parfaitement fidèle, c'est là qu'intervient la précision qui est liée au niveau d'approximation ;
- **la fiabilité** : Parler de fiabilité de l'information médicale c'est porter un jugement global sur la méthode et l'instrument de mesure. Une information peut être exacte et précise sans être fiable. Pour assurer la fiabilité de celle-ci les médecins doivent s'assurer de la fiabilité de leurs instruments.

Actuellement la médecine souffre de surinformation (inflation des informations médicales) causée d'une part par une intensité d'activité scientifique en médecine qui s'explique par une production bibliographique croissante et d'autre part par l'augmentation de données

constituant le dossier médical. Cette croissance de données est inhérente à plusieurs causes, citons :

- Le changement des profils pathologiques par la prédominance des maladies chroniques et la disparition des maladies infectieuses depuis le début du siècle ;
- L'augmentation de la sémiologie clinique mais surtout biologique, et la multiplication des actes thérapeutiques.

L'information médicale varie aussi dans le temps, ce qui rend les décisions médicales très difficiles, cette variabilité se fait selon deux manières :

- La première est due au fait qu'une maladie est un processus évolutif ;
- La seconde est que la connaissance médicale évolue très rapidement depuis quelques décennies.

Pour pouvoir maîtriser cette surinformation et l'instabilité temporaire de celle-ci la mise en place de méthodes et d'outils gérant au mieux l'information médicale s'avère indispensable.

6.2 Typologie des systèmes d'aide à la décision en médecine

6.2.1 Systèmes d'aide indirecte à la prise de décisions

Ces systèmes facilitent l'accès aux informations pertinentes. Ils sont utilisés dans toutes les formes de pratiques médicales. On peut citer:

- Les systèmes fournissant des données personnalisées, les données personnalisées sont celles relevant du patient lui-même. Les systèmes réalisés s'intégrant dans l'activité quotidienne du médecin.

Nous citons :

- l'accès aux résultats de laboratoires ;
- la consultation d'éléments importants du dossier médical (Dossier Minimum Commun Circulant) ;

- dossier de soins informatisé.

Ces systèmes apportent une aide dans l'accès aux données ainsi que dans leur gestion.

- Les systèmes fournissant des données non personnalisées, ces systèmes permettent l'accès au savoir médical, ils n'intègrent pas les données du patient. Ils sont consultés dans les cas difficiles lorsque la solution n'est pas évidente. Ils doivent être mis à jour très fréquemment afin d'intégrer les dernières connaissances. Ils ne peuvent relever que d'organismes très structurés capables de fournir un service de qualité.

Nous citons :

- Système de recherche de référence bibliographique tel que MEDLINE, etc.
- Système de base de données concernant les médicaments et leurs interactions.

6.2.2 Systèmes de rappels automatiques

Certains systèmes permettent de rappeler au médecin des éléments importants à prendre en compte pour la décision. Ils jouent le rôle de « garde-fou ». Ils sont plus actifs que les systèmes précédents et directement impliqués dans la décision médicale.

L'assistance fournie n'est pas une aide au raisonnement ou à l'appréhension globale du cas du patient, mais plutôt un aide-mémoire fournissant une information utile et pertinente dans une situation facile à définir a priori. Ces systèmes peuvent être personnalisés.

Exemples :

- Rappel des valeurs normales d'un examen de biologie .
- Emission d'une mise en garde devant une association déconseillée de médicaments .
- Rappel des dates de vaccination ou de revaccination.
- Rappel des contre-indications chez un patient.
- Rappel de la procédure médicale à utiliser (bonnes pratiques médicales) face à une situation médicale donnée.

6.2.3 Systèmes consultants

Les systèmes consultants cherchent à donner un avis de spécialiste devant une situation médicale définie. L'avis peut être de nature diagnostique, thérapeutique ou pronostique.

Quelques systèmes de ce type sont opérationnels en milieu hospitalier en France (pour la prescription des transfusions de sang par exemple) d'autres sont des prototypes et doivent encore s'améliorer et faire leurs preuves.

Ces systèmes sont basés sur des concepts variés tels que l'analyse discriminante, les probabilités, les méthodes dites d'intelligence artificielle (logique du premier ordre, langage à objet, etc.), les réseaux formels de neurones.

6.3 Les différentes méthodes d'aide à la décision médicale

Dans ce paragraphe nous présentons un ensemble de méthodes permettant d'apporter une information dans un but décisionnel. La complexité de la décision a amené les chercheurs du domaine à développer de nombreuses théories cherchant à :

- Représenter les connaissances sous diverses formes ;
- Simuler les raisonnements humains ;
- Développer des processus d'apprentissage.

6.3.1 Méthodes statistiques

Les méthodes statistiques concernent essentiellement les méthodes de régression ou de classifications multidimensionnelles [DEGOULET 1997, 2001] qui permettent d'expliquer la valeur d'une réponse ou l'appartenance à un groupe en fonction des valeurs de plusieurs variables dites explicatives.

Il s'agit notamment de :

- l'analyse discriminante;
- la régression logistique, dans le cas d'une réponse qualitative;
- la régression multiple dans le cas d'une réponse quantitative.

Ces méthodes répondent à deux objectifs : réduire le nombre, souvent considérable, de variables potentiellement explicatives à un sous-ensemble d'usage ou d'obtention plus aisé, et obtenir une équation prédictive.

6.3.2 Les méthodes algébriques

Les méthodes algébriques font d'abord appel à l'algèbre de Boole ou algèbre binaire qui concerne les variables ne pouvant prendre que deux états : vrai/faux ou présent/absent.

L'utilisation de l'algèbre de Boole vise à reproduire le raisonnement médical [FIESCHI 2001] et à formaliser la connaissance au moyens d'arguments binaires, en oui ou non, il est alors possible en principe de décrire les maladies par la présence ou l'absence de signes, et les règles de raisonnement clinique par des implications. Cependant, l'utilisation du formalisme booléen pose des problèmes car il néglige l'effet aléatoire qui considérable et inévitable en médecine.

6.3.3 Méthodes neuromimétiques

Les méthodes neuromimétiques ou connexionnistes sont inspirées des structures neuronales et du fonctionnement cérébral [LEVY 1990] d'où le nom fréquent de réseaux de neurones. Il existe différents modèles de réseaux, notamment selon le type d'interconnexions des neurones.

La mise au point du réseau s'effectue, par modification automatique des pondérations des connexions au cours d'un processus d'apprentissage, en fonction de l'écart observé entre la sortie observée et la sortie attendue.

Les systèmes neuronaux ont trouvé leur premières applications dans le domaine de la reconnaissance de formes (caractères, images, sons).

6.3.4 Théorie de la décision

La théorie de la décision permet de prendre en compte l'incertitude. Après avoir dénombré l'ensemble des actions possibles permettant de résoudre le problème, on dénombre l'ensemble des éventualités, liées au hasard, qui peuvent se produire. Les bases axiomatiques de la théorie de la décision sont celles des probabilités qui permettent de proposer des mesures de *crédibilité* pour les propositions incertaines. On introduit, afin de choisir les solutions du problème à résoudre, des quantités appelées *utilités*. Elles permettent de donner des degrés de préférences aux différentes solutions et de choisir celle qui présente le score d'utilité maximum (*Maximum Expected Utility*). Cette utilité attendue se calcule par la formule :

$$\sum_{j=1}^n U(P_i) = p(O_j|P_i) * (O_j)$$

où $U(P_i)$ est l'utilité attendue de la $i^{\text{ème}}$ solution, $p(O_j|P_i)$ est la probabilité de la $j^{\text{ème}}$ conséquence après avoir exécuté la solution i et $U(O_j)$ est l'utilité de la $j^{\text{ème}}$ conséquence.

L'expert doit donc donner les probabilités (c'est-à-dire la vraisemblance des conséquences potentielles de l'action) et les utilités (c'est-à-dire la façon dont chaque conséquence potentielle fournit une solution satisfaisante au problème).

La plus utilisée des représentations adoptées est l'arbre de décision. Les nœuds décisions sont représentés par un carré (D dans la figure ci-dessous). Ils sont sous contrôle du décideur. Les nœuds aléatoires représentent les variables aléatoires et sont symbolisés par un cercle (A et B dans la figure ci-dessous). Les arcs conditionnels sont toujours dirigés vers un nœud aléatoire et représentent une dépendance probabiliste de la variable aléatoire par rapport à ses prédécesseurs directs. Les arcs informations sont toujours dirigés vers un nœud décision et supposent l'information obtenue à partir des prédécesseurs. Les nœuds limites sont des nœuds aléatoires sans prédécesseur. La figure 6.1 donne un exemple d'arbre de décision dans le cas d'un diagnostic et d'un traitement binaires :

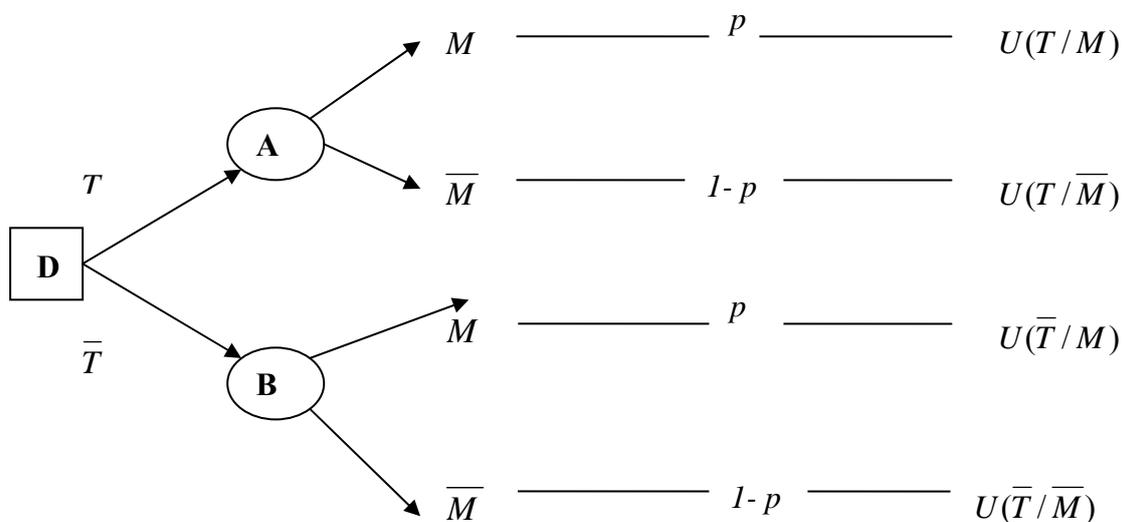


Figure 6.1 Exemple d'arbre de décision

Le traitement T , est supposé bénéfique en cas de maladie M , mais par contre peut avoir des inconvénients dans le cas contraire. Les utilités moyennes sont :

$$U(T) = p U(T/M) + (1-p) U(T/\bar{M})$$

$$U(\bar{T}) = p U(\bar{T}/M) + (1-p) U(\bar{T}/\bar{M})$$

Il faut noter que la probabilité p de l'état de la nature peut être aussi bien une probabilité subjective, résultat d'un jugement clinique, que le résultat d'une application du théorème de Bayes. On peut aussi considérer que :

- la quantité $U(T/M) - U(\bar{T}/M)$ constitue le bénéfice apporté par le traitement à un malade atteint de la maladie M ;
- la quantité $U(\bar{T}/\bar{M}) - U(T/\bar{M})$ constitue les coûts apportés par le traitement à un malade non atteint de M .

On se rend aisément compte de la délicatesse de la détermination des utilités.

6.3.5 Les méthodes utilisant l'Intelligence Artificielle

L'Intelligence Artificielle (IA) est le domaine de l'informatique visant à faire traiter par l'ordinateur des problèmes usuellement résolus par l'homme [FIESCHI 1986, 1994, RIOU 1993], et dont la solution exige des connaissances, de la perception, du raisonnement, de l'apprentissage et de la compréhension des capacités cognitives de même type. Pour de telles tâches, ou bien il n'existe pas de solution algorithmique, ou bien les solutions algorithmiques, théoriquement possibles sont illusoire en pratique. (problème de temps d'exécution ou de place mémoire).

Comme méthode utilisant l'IA, nous évoquerons les systèmes experts.

- Les systèmes experts

Un système expert est un logiciel de résolution de problème dans un domaine délimité pour lequel il existe des experts [TURBAN 1993], c'est-à-dire des spécialistes humains ayant une grande connaissance du problème posé, et sont capables de le résoudre beaucoup plus efficacement que le non-expert. C'est en référence à ces experts humains qui ont fourni leurs connaissances qu'un tel système est qualifié d'expert.

Deux objectifs peuvent être attribués aux systèmes experts :

- stocker des connaissances expertisées,
- restituer ces connaissances ainsi que les processus décisionnels aux utilisateurs non-experts.

6. 4 Méthodes utilisant la programmation mathématique

L'aide à la décision fournie par la programmation mathématique est principalement axée sur la production de résultats « optimaux » calculés ou approchés par le moyen d'outils mathématiques rigoureux. Ces outils permettent d'obtenir ou d'approcher la solution à des problèmes de divers types et tailles grâce à l'outil informatique et aux méthodes de recherche opérationnelle.

La formulation classique d'un modèle de recherche opérationnelle est basée sur l'optimisation (maximisation ou minimisation) d'une fonction objective sur un ensemble défini par une famille de contraintes. Cependant, il est souvent impossible de représenter tous les points de vues liés aux résultats désirés de la décision actuelle par une seule fonction objectif.

Ainsi, il semble plus réaliste de considérer une formulation très générale des problèmes de

décision où un ensemble de fonctions objectifs représentant différents critères doivent « être optimisées ». En effet, les racines de la prise de décision multicritère et de l'optimisation multicritère remontent à Pareto, à la fin du XIX^{ème} siècle, et depuis lors la discipline « optimisation multi-objectifs » s'est développée et a prospéré particulièrement pendant les trois dernières décennies.

Au cours des années, des articles de synthèse et des bibliographies ont été édités. Le nombre de publications s'accroît toujours de manière rapide et de nouveaux sous-champs s'ouvrent ; ceux ci sont consacrés a des aspects particuliers de l'optimisation multicritère comme :

- la programmation multi-objectif en nombres entiers,
- l'optimisation combinatoire multi-objectifs,
- les méthodes évolutionnaires multi-objectifs,
- les applications de l'optimisation multi-objectifs,
- les logiciels de l'optimisation multi-objectifs,
- la programmation par but “Goal programming”, etc.

Nous modélisons nos problèmes sous la forme multicritère indiqués ci-dessous du à la nature de notre modélisation et la présence de plusieurs critères.

Le modèle mathématique multi-objectifs est en général écrit comme :

$$\begin{cases} \text{"Optimiser"} & f(x) \\ \text{st} & x \in D \end{cases}$$

où :

- D est un ensemble fini ou non, de dimension supérieure ou égale à un,
- $f(x)$ est un vecteur de fonctions à une ou plusieurs composantes,
- « *optimiser* » signifie chercher un ensemble de meilleurs compromis (ensemble des solutions non-dominées).

Un problème multi-objectifs (multicritère) consiste à optimiser (maximiser ou minimiser) p fonctions objectifs (critères) simultanément ($p \geq 2$). Il est généralement défini

$$(MO) \left\{ \begin{array}{l} \text{"OPTIMISER"}(f_1(x), f_2(x), \dots, f_p(x)) \\ tq : x \in S \end{array} \right\}$$

où $S = \{x \in \mathbb{R}^n / g_j(x) \leq 0, j = 1, 2, \dots, m\}$; $f_k (k = 1, \dots, p)$ et $g_j (j = 1, \dots, m)$

Sont des fonctions à valeurs réelles du vecteur de décision $x \in \mathbb{R}^n$. Le problème (MO) est dit problème de programmation mathématique multi-objectif.

Si les objectifs f_k et les fonctions g_j sont linéaires, on obtient un problème de programmation linéaire multi-objectifs (MOLP : "Multiple Objective Linear Programming") souvent écrit comme suit :

$$(MOLP) \left\{ \begin{array}{l} \text{"OPTIMISER"} Z_k = c^k x; k = 1, 2, \dots, p \\ tq x \in S \end{array} \right.$$

Où $C^k \in \mathbb{R}^{1 \times n}$ pour $k = 1, 2, \dots, p$ et l'ensemble S est déterminé par des contraintes

(Inéquations, équations) linéaires $S = \{x \in \mathbb{R}^n | Ax \leq b, x \geq 0\}$; $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$, $x \in \mathbb{R}^n$, $b \in \mathbb{R}^m$;

$m, n \in \mathbb{N}$. Si de plus, l'ensemble des décisions est restreint aux entiers positifs, le problème devient un problème de programmation linéaire multi-objectifs entier (MOILP : Multiple Objective Integer Linear Programming). Ces notions ont été bien détaillées dans les références [ROY 1996, J. TEGHEM 1986, STEUER 1983, VINCKE 1989, ULUNGU 1993, ABBAS 2004 et SYLVA 2004].

Le choix est fait sur la méthode adéquate à utiliser. Or dans ce domaine il y en a une multitude pour différents types de problèmes.

6.4.1 Concepts de base de la programmation linéaire multi-objectifs

Un problème de programmation linéaire multi-objectif (*MOLP*) est défini généralement comme suit :

$$(MOLP) \quad \begin{cases} \text{"max"} CX \\ \text{st } X \in S \end{cases}$$

où :

$$- \quad S = \{ X \in R^n / AX \leq b, X \geq 0, A \in R^{m \times n}, b \in R^m \}$$

avec m le nombre de contraintes, n celui des variables et p le nombre de critères.

- On suppose que $p \geq 2$, $C(p \times n) \in R^{p \times n}$ la matrice des coûts (formée par les vecteurs critères).

-

Considérons une application linéaire Ψ qui associe à chaque vecteur de décision $X \in S$, son image (le vecteur critère correspondant) dans l'espace des critères $\Psi(X) = CX$.

On définit une relation d'ordre partiel " \succ " sur $\Psi(S)$ par :

$$\begin{aligned} \forall Z, Z' \in \Psi(S), \quad Z \succ Z' \text{ si et seulement si :} \\ - \quad Z_k \geq Z'_k \quad \forall k, 1 \leq k \leq p \text{ et} \\ - \quad \exists k_0, 1 \leq k_0 \leq p \text{ tel que } Z_{k_0} > Z'_{k_0}. \end{aligned}$$

- **Définition1** : un vecteur $Z \in \Psi(S)$ est dit non dominé si et seulement s'il n'existe aucun vecteur $Z' \in \Psi(S)$ tel que $Z \prec Z'$. Autrement il est dit dominé.

- **Définition2** : un point $X^0 \in S$ est dit efficace si son vecteur critère correspondant $\Psi(X^0)$ est non dominé.

- **Définition3** : Pour les critères $(Z_1, \dots, Z_p) \in \Psi(S)$ et $(\lambda_i)_{i=1, \dots, p}$ des scalaires, la fonction

$$Z_\lambda = \sum_{i=1}^p \lambda_i Z_i \text{ est appelée fonction d'agrégation.}$$

6.4.2 Formulation mathématique d'un programme linéaire multio-bjectif en nombres entiers

Avec les mêmes notations et définitions que précédemment, on formule un programme linéaire multio-bjectif en nombres entiers (*MOILP*) de la manière suivante :

$$(MOILP) \quad \begin{cases} \text{"max"} Z_1 = C^1 X \\ \text{"max"} Z_2 = C^2 X \\ \quad \quad \quad \vdots \\ \text{"max"} Z_p = C^p X \\ \text{st} \quad X \in D \end{cases}$$

Avec $D = S \cap \mathbb{Z}^n$ où \mathbb{Z} est l'ensemble des entiers relatifs.

Concernant les paramètres ils sont supposés rationnels et nous pouvons les prendre comme entiers et dans ce cas nous étudions des problèmes dits entiers purs.

Soit $(P_i), i=1, \dots, p$ le problème défini par :

$$(P_i) \quad \begin{cases} \max Z_i = C^i X \\ \text{t.q. } X \in D \end{cases}$$

On notera par la suite, I l'ensemble des indices de base, et N l'ensemble des indices hors-base.

Remarque : Les problèmes (MOLP) et (MOILP) bien qu'ils se ressemblent ont des méthodes de résolution différentes. Pour avoir une méthode de résolution des problèmes (MOILP), il est difficile d'associer une méthode de résolution des problèmes (MOLP) à une méthode classique de résolution des programmes unicritères en nombres entiers [TEGHEM et ULUNGO 1990].

Il existe deux types de méthodes exactes de résolution des problèmes (MOILP) :

-
- **Les méthodes opérant dans l'espace de variables de décision** : le domaine d'admissibilité est réduit d'une itération à une autre jusqu'à ce qu'il devienne vide. Une liste de solution efficace est formé et mise à jour itérativement avec une coupe de Dantzig ou Gomory introduite par conséquence pour réduire le domaine d'admissibilité. Ce type de méthodes donne l'ensemble de toutes les solutions efficaces du problème (MOILP) [voir ABBAS & MOULAI 1999, ABBAS & D.CHAABANE 2002 et R. GUPTA 1992].
 - **Les méthodes directes** : elles sortent directement de la procédure avec toutes ou une partie des solutions efficaces (le décideur intègre ces préférences depuis le début de la procédure et ne peut plus les changer).

Dans le cadre de notre travail nous nous sommes intéressés aux méthodes directes de détermination des solutions efficaces et aux méthodes d'optimisation sur l'ensemble des solutions efficaces. Ce que nous détaillerons dans la section suivante.

Dans le cadre de notre travail nous nous sommes intéressés aux méthodes directes de détermination des solutions efficaces et aux méthodes d'optimisation sur l'ensemble des solutions efficaces. Ce que nous détaillerons dans la section suivante.

6.4.3 Optimisation "multi-objectif "en nombre entiers

Les problèmes d'optimisation à solution entière sont courants dans de nombreux domaines (industriels et financier), tout comme les problèmes qui incluent plusieurs objectifs. Ces derniers sont composés d'objectifs qui, par nature, sont conflictuels, ce qui exclut la présence d'une solution unique qui optimise simultanément l'ensemble des objectifs. Le problème ne se traduit donc pas par la recherche d'optimum mais par la recherche d'une solution de meilleurs compromis, ou, en termes formels, solution efficace la plus satisfaisante.

Le calcul des solutions efficaces a fait l'objet de nombreux travaux de recherche, en particulier lorsque cette solution varie dans un domaine continu. Dans ce cas, des algorithmes de calcul existent. Ces algorithmes ne sont cependant pas applicables tels quels quand la solution recherchée est entière. La présence de contraintes d'intégrité modifie la structure du problème, ce qui rend nécessaire l'élaboration d'algorithmes spécifiques [TEGHEM et ULONGU 1986].

Notre problème peut se traduire en un programme mathématique linéaire, nous avons restreint notre étude aux méthodes résolvant les programmes linéaires d'optimisation multi-objective à solutions entières. Afin de comprendre les méthodes de calcul de solutions entières efficaces, la notion d'efficacité, dans ce cadre est évoquée.

6.4.4 La notion d'efficacité

Un consensus sur les solutions efficaces admet les meilleures sont celles qui aboutissent au meilleur compromis. Ces solutions correspondent intuitivement aux solutions pour lesquelles il est impossible d'améliorer la performance qu'elles enregistrent sur un objectif sans diminuer celle qu'elles enregistrent sur au moins un autre objectif. Formellement, si on note $f = (f_1, \dots, f_p)$ le vecteur des objectifs à maximiser, S l'ensemble des solutions possibles au problème, et $Eff(S)$ l'ensemble des solutions efficaces de S , alors $x \in Eff(S)$ s'il n'existe pas $x' \in S$ tel que $f_i(x) \leq f_i(x')$, $\forall i \in \{1, \dots, p\}$, et $i_0 \in \{1, \dots, p\}$ tel que

$$f_{i_0}(x) < f_{i_0}(x').$$

Dans le cas où la définition de S ne contient pas de contraintes d'intégrité, la caractérisation des points efficaces due à Soland [SOLAND 2000] est souvent utilisée. Cette caractérisation s'énonce sous la forme du théorème suivant. :

Théorème: Soit g une fonction définie sur \mathbb{R}^p et à valeur dans \mathbb{R} , et strictement croissante sur

l'image de S par $f(\cdot)$. Cette image de S par $f(\cdot)$ est noté $f(S)$ dans la suite. On a alors $x \in \text{Eff}(S)$ si et seulement si il existe un vecteur $b \in R^p$ tel que y est la solution du problème $(P_{g,b})$ définie par:

$$\max [g(f(x))] \text{ avec } x \in X \text{ et } f(x) \geq b$$

En général, on définit $g(\cdot)$ comme une fonction linéaire de $f(\cdot)$, soit $g(f(x)) = \sum_{i=1 \dots p} \alpha_i f_i(x)$

Cette caractérisation ne permet cependant pas de calculer l'ensemble des solutions efficaces lorsque des contraintes d'intégrité sont ajoutées à la définition du problème. En effet, comme le montre la Figure6.1 dans laquelle les solutions efficaces entières sont marquées d'un point et les solutions calculées à l'aide de la caractérisation correspondent à la partie supérieure de la frontière du polyèdre, seules les solutions entières convexes, les points en noir sur la figure, peuvent être ainsi caractérisées. Ces points sont parfois nommés "solutions efficaces supportées" (supported efficient solutions). Les solutions efficaces entières qui ne peuvent pas être ainsi construites sont appelées "solutions efficaces non-supportées" (non-supported efficient solutions) [TEGHEM 1986]. Ces dernières sont identifiées à l'aide d'un point gris.

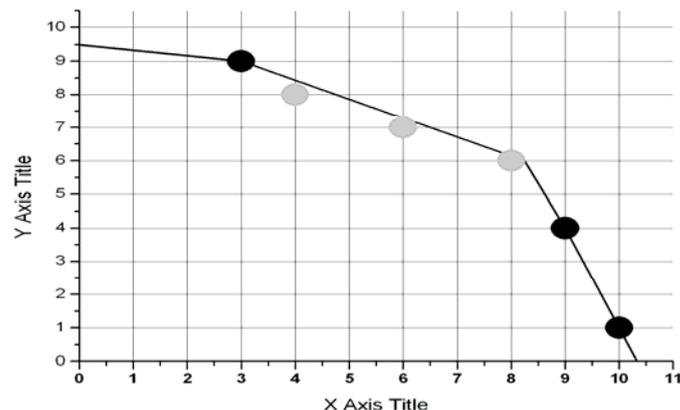


Figure 6.2 : Solutions efficaces non supportées

La difficulté, rencontrée dans la résolution des problèmes MOILP, est la détermination de

l'ensemble des solutions efficaces qui ne se trouvent pas sur la frontière efficace (NSE), ce qui justifie la difficulté principale dans la résolution des problèmes MOILP. Les méthodes caractérisant l'ensemble des solutions efficaces sont indispensables et nécessaires. Nous distinguons deux types de méthodes : les unes recherchant la solution dans l'espace des critères et les autres dans l'espace de décision.

6.5 Méthodes de résolution dans l'espace de critères

6.5.1 Méthode de Klein-Hannan

La technique présentée par Klein D. et Hannan E. [HANNAN 1982] est une méthode interactive, pour générer séquentiellement un sous-ensemble efficace ou l'ensemble de toutes les solutions efficaces pour le problème (P) décrit à la page 133. Elle consiste à résoudre progressivement des programmes linéaires unicritère avec des contraintes ajoutées à chaque itération. La méthode génère des solutions efficaces de façon que l'utilisateur n'est pas obligé de déterminer entièrement l'ensemble des solutions efficaces s'il ne s'intéresse qu'à quelques solutions. Une brève présentation de la méthode est résumée par l'algorithme ci-dessous.

L'algorithme

Etape 1 (Initialisation)

Choisir un critère $t, t \in \{1, 2, 3, \dots, p\}$ arbitrairement et résoudre le problème unicritère suivant :

$$(P_{r0}) \begin{cases} \max c^i x \\ t.q x \in D \end{cases}$$

(P_{r0}) est unique alors elle est efficace et elle est l'unique élément dans la liste initiale des solutions efficaces $IE_0(P)$ l'ensemble des solutions efficaces correspondant à $\zeta(P_{r0})$.

Etape j ($j \geq 1$) On résout le problème (Prj) défini par :

$$(P_{ij}) \left\{ \begin{array}{l} \max Z_i = c^i x \\ \text{t.q. } x \in D \\ \bigwedge_{k=1}^r \left(\bigvee_{s=1, s \neq i}^p (C^s x \geq C^s \tilde{x}_k + \epsilon^s) \right) \end{array} \right.$$

Où $0 < \epsilon \leq 1$ (pour $\epsilon^s < 1$, la méthode produit un sous-ensemble de l'ensemble des solutions efficaces, mais si $\epsilon^s = 1$, la procédure donne toutes les solutions efficaces [voir démonstration HANNAN 1982].

$\tilde{x}_k; k = 1, 2, \dots, r$ sont des solutions efficaces obtenues dans les itérations $0, 1, \dots, j-1$.

Les contraintes supplémentaires assurent que les solutions optimales du Problème (P_{ij}) , si elles existent, seront meilleures que toutes les solutions sur au moins un critère $s \neq i$. La liste des solutions efficaces obtenues à l'étape j est :

$$IE_j(P) = \bigcup_{K=0}^{j-1} IE_k(P)$$

La procédure s'arrête dès que le problème devient irréalisable.

6.5.2 Méthode de J. SYLVA & A. CREMA

Récemment, ces auteurs ont élaboré une méthode exacte de résolution des problèmes MOILP, non interactive et générale [SYLVA 2004]. Cette méthode génère des sous-ensembles de solutions efficaces dans l'espace des critères qui peuvent être utiles dans la construction des méthodes interactives pour des problèmes concrets de grande dimension.

Les auteurs considèrent le problème MOILP :

$$(P_{02}) \quad \begin{cases} \text{"max"} Z = Cx \\ \text{t.q. } x \in D = \{ Ax = b, x \geq 0, x \in Z^n \} \end{cases}$$

Où : $C \in Z^{p \times n}$, $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ et $b \in \mathbb{R}^m$.

La proposition suivante sert à justifier l'approche (convergence et finitude).

Proposition1 :

Soient x^1, x^2, \dots, x^m des solutions efficaces du problème (P_{02}) et

$$\Delta_k = \{x \in Z^n / C_x \leq C_x^k\} \quad (k \in \{1, 2, \dots, m\})$$

Soit x^* une solution efficace du problème

$$(P_{02}^m) \quad \begin{cases} \text{"max"} Z = C_x \\ x \in \left(D - \bigcup_{k=1}^m \Delta_k \right) \end{cases}$$

Alors x^* est une solution efficace pour le problème (P_{02}) . En plus, si le problème (P_{02}^m) devient impossible alors $\{C_x^k, k = 1, \dots, M - 1\}$ est l'ensemble de tous les points non dominés dans l'espace des critères.

Corollaire1

Soient x^1, x^2, \dots, x^m des solutions efficaces du problème (P_{02}) et

$\Delta_k = \{x \in Z^n / C_x \leq C_x^k\} k = 1, \dots, m$. Si x^k est une solution efficace pour le problème unicritère

$$(P_\lambda) \quad \left\{ \max \lambda' C_x / x \in \left(D - \bigcup_{k=1}^m \Delta_k \right) \right\} \text{ pour un certain vecteur } \lambda \in \mathbb{R}^p, \lambda \succ 0, \text{ alors } x^* \text{ est une}$$

solution efficace pour le problème (P_{02}) .

Algorithme

Etape 1

Après avoir choisi un paramètre λ , $\lambda > 0$, on résout en première étape le problème de programmation linéaire en variables entières unicritère suivant :

$$P \{ \max \lambda' Cx \mid Ax = b, x \geq 0, x \in \mathbb{Z}^n \}$$

Si ce problème est impossible, alors le problème (P02) est aussi impossible. Sinon, par le corollaire 1, une solution optimale x_1 trouvée est efficace pour le problème (P02).

Puis, une suite de problèmes unicritères (où à chaque itération on ajoute des contraintes éliminant les solutions déjà trouvées précédemment) est résolue séquentiellement. Après m itérations du processus, si le problème $P(m-1)$ est irréalisable, alors l'algorithme prend fin.

Sinon, une nouvelle solution efficace est générée et un nouveau problème $P(m)$ est défini en éliminant de l'ensemble d'admissibilité de $P(m-1)$ toutes les solutions vérifiant $Cx \leq Cx_m$.

Mathématiquement, ceci peut être traduit par les contraintes additionnelles suivantes :

$$(Cx) \geq \left((Cx^m)_k + 1 \right) y_k^m - M_k (1 - y_k^m); \text{ pour } k = 1, 2, \dots, p \text{ et } \sum_{k=1}^p y_k^m \geq 1;$$

$$y_k^m \in \{0, 1\}, \text{ pour } k = 1, 2, \dots, p.$$

Où $-M_k$ est la borne inférieure pour toute valeur réalisable de la ~~Kième~~ fonction objectif.

Etape m Résoudre le problème :

$$(P^m) \left\{ \begin{array}{l} \max \lambda' Cx \\ \text{t.q. } Ax = b \\ (Cx)_k \geq \left((Cx^i)_k + 1 \right) y_k^i - M_k (1 - y_k^i) \\ \text{pour } i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, p \\ \sum_{k=1}^p y_k^i \geq 1; y_k^i \in \{0, 1\} \\ \text{pour } i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, p \\ x \in \mathbb{N} \end{array} \right.$$

Remarque5.

Pour des problèmes de grandes dimensions, l'énumération de toutes les solutions efficaces est généralement impossible et ne semble pas intéressante ; l'intérêt se porte sur une partie seulement des solutions efficaces. Dans ce cas le problème (Q_m) devient :

$$(P^m) \left\{ \begin{array}{l} \max \lambda' Cx \\ \text{t.q. } Ax = b \\ (Cx)_k \geq \left((Cx^i)_k + f_k \right) y_k^i - M_k (1 - y_k^i) \\ \text{pour } i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, p \\ \sum_{k=1}^p y_k^i \geq 1; y_k^i \in \{0, 1\} \\ \text{pour } i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, p \\ x \in N \end{array} \right.$$

où h_k représente l'amélioration minimale dans la i ème fonction objectif.

La procédure continue jusqu' à ce que le problème P^m devienne impossible à résoudre.

A la fin, on obtient l'ensemble des solutions efficaces tout entier ou une partie seulement qui intéresse le décideur.

Remarque.

Cette méthode est très astucieuse car elle permet de traiter et de déterminer les solutions efficaces non supportées.

Pour les applications de grandes dimensions, les auteurs ont implémenté la méthode pour le problème de sac à dos avec trois fonctions objectifs, dix contraintes et jusqu'à 30 variables. Ils ont aussi appliqué l'algorithme au même problème pour deux objectifs.

6.6 Méthodes de résolution dans l'espace des décisions

6.6.1 Méthode I

Cette méthode est une forme modifiée de celle de Gupta et Malhotra [GUPTA 1992] où le test d'arrêt est modifié pour produire toutes les solutions efficaces de la région d'admissibilité D [ABBAS & CHAABANE 2002].

Elle démarre à partir d'une solution initiale potentiellement efficace obtenue par la résolution d'un problème (P_i) (souvent on prend $i=1$). Au cours des itérations, on explore différentes arêtes (E_k) pour déterminer les solutions incidentes à la solution du problème (P_i). Sur chacune des arêtes, on détermine les solutions incidentes à la solution du problème (P_i). Sur chacune des arêtes, on détermine les solutions réalisables (alternatives) et on évalue les critères. En comparant deux à deux, on élimine les vecteurs critères dominés et on forme l'ensemble initial potentiellement non dominé noté Opt_0 .

Au cours des itérations, le domaine de recherche des solutions efficaces est réduit par l'utilisation de coupes ressemblant à celle de Dantzig [DANTZIG 1959] mais plus générales. La procédure s'arrête lorsque le domaine de recherche devient vide.

Algorithme

Etape 1

Résoudre le problème (P_1).

Soit X_1 la solution optimale si elle existe. Déterminer l'ensemble $J_1 = \{j \in N_1 / Z_{j1}^i - C_{j1}^i = 0\}$

-1^{er} cas : Si $J_1 = \emptyset$ alors X_1 est unique ; évaluer les critères sur X_1 et enregistrer cette solution comme première solution efficace et aller à l'Etape2.

2^{ème} cas : Si $J_1 \neq \emptyset$, déterminer toutes les solutions alternatives, enlever tous les p-uplets dominés pour obtenir l'ensemble Opt_0 des p-uplets non dominés. Prendre la solution correspondante au p-uplets dont la valeur du second critère est maximale par rapport aux autres p-uplets de Opt_0 comme premier p-uplet non dominé ; si le choix s'avère impossible sur la base du second critère, effectuer le choix sur la base du troisième critère et ainsi de suite. Aller à l'étape 2.

Etape2

- **2.1** Construire l'ensemble

$$\Gamma_k = \{j \in N_k / C_j^1 - Z_j^1 < 0, C_j^i - Z_j^i < 0, \text{ pour au moins un } i = 2, \dots, p\}$$

- **2.1.1** Si $\Gamma_k \neq \emptyset$, alors choisir un indice quelconque $j_k \in \Gamma_k$, aller à 2.2

- **2.1.2** Sinon choisir un indice quelconque $j_k \in N_k$ aller à 2.2

- **2.2** Calculer $\theta_{jk} = \min_i \left\{ \frac{b_i}{A_{ij}} ; A_{ij} > 0 \right\}$

- Si $\theta_{jk} < 1$, ignorer et aller à 2.3

- Si $\theta_{jk} \geq 1$, déterminer toutes les solutions réalisables le long de l'arête (E_{jk}) pour

les valeurs de θ allant de 1 à $\lfloor \theta_{jk} \rfloor$ (partie entière de θ_{jk}) de la façon suivante

$$\left\{ \begin{array}{l} x_i = b_i - \theta \times A_{ij}, A_{ij} > 0 \\ x_{ij} = \theta \\ x_\nu = 0 \text{ pour tout } \nu \in N_k - \{j_k\} \end{array} \right\}$$

- Enregistrer les p-uplets non dominés. Aller à 2.3

- **2.3** Tronquer l'arête (E_{jk}) par la coupe

$$\sum_{j \in N_k - \{j_k\}} x_j \geq 1$$

et résoudre le nouveau problème pour parvenir à une nouvelle solution réalisable.

Si son vecteur critère n'est dominé par aucun des vecteurs critères déjà obtenus, on le rajoute à l'ensemble des p-uplets non dominés ; aller à l'étape 3

- **Etape 3** : Test d'arrêt

Si l'opération pivot est impossible, le problème est devenu irréalisable dans la nouvelle opération région tronquée. Le processus est terminé , l'ensemble des solutions non dominées est Opt_{k+1} , sinon faire $k=k+1$ et aller

6.6.2 Méthode II

C'est une méthode développée par ABBAS et MOULAI [ABBAS et MOULAI1999]. Elle est du même type que la méthode précédente à une différence près, les solutions alternatives n'ont pas la même signification; dans la méthode précédente elles désignent des solutions situées sur la même arête; mais dans la seconde méthode, elles désignent des solutions situées sur des arêtes incidentes.

Algorithme

Etape 1

- Résoudre le problème (P_1) et trouver la solution optimale entière x_1^1 sur (S_1) .

Construire l'ensemble $\Gamma_1 = \{ j \in N_1 / C_j^1 - Z_j^1 = 0 \}$

Etape 2

- 2.1 Si $\Gamma_1 = \emptyset$, alors X_1^1 est l'unique solution optimale et soit Z_1^1 la valeur optimale de Z_1 . Calculer les valeurs Z_1^i des Z_i données par X_1^1 , $i \in \{2, \dots, p\}$.

- Enregistrer le premier p-uplet non dominé pour construire l'ensemble des vecteurs non dominés Opt_0 . Tronquer le point X_1^1 par la coupe suivante:

$$\sum_{j \in N_1} x_j \geq 1$$

- Résoudre le nouveau problème pour parvenir à une nouvelle solution réalisable X_1^2
- Calculer le p-uplet correspondant et le rajouter à Opt_0 s'il n'est pas dominé par l'un des p-uplets retenus précédemment. Opt_0 devient Opt_1 .

2.2 Si $\Gamma_1 \neq \emptyset$, choisir un indice quelconque $j_1 \in \Gamma_1$ et calculer le nombre

$$\phi_{j_1} = \min_i \left\{ \frac{\hat{b}_i}{\hat{A}_{i,j_1}} ; \hat{A}_{i,j_1} > 0 \right\} \text{ correspondant à la solution } X_1^1.$$

- Si $\phi_{j_1} \geq 1$, déterminer toutes les solutions réalisables $X_1^q, q \in \{1, \dots, [\phi_{j_1}]\}$,

Alternatives à X_1^1 le long de l'arête (E_{j_1}) . Ajouter à l'ensemble Opt_0 les p-uplets non dominés. Prendre le p-uplet dont la valeur du second critère est maximale par rapport aux autres p-uplets de Opt_0 comme premier p-uplet non dominé; si le choix s'avère impossible sur la base du second critère, effectuer alors le choix sur la base du troisième critère et ainsi de suite...Aller à l'Etape 2.

Tronquer l'arête (E_{j_1}) par la coupe

$$\sum_{j \in N_1 \setminus \{j_1\}} x_j \geq 1$$

- Résoudre le nouveau problème pour parvenir à une nouvelle solution réalisable X_2^1 .
- Rajouter le p-uplet correspondant à l'ensemble Opt_0 s'il n'est pas dominé par l'un des p-uplets précédemment retenus. Opt_0 devient Opt_1 .
- Si $\phi_{j_1} < 1$ pour tous les indices $j_1 \in \Gamma_1$, choisir un indice quelconque j_1 et appliquer la coupe

$$\sum_{j \in N_1 \setminus \{j_1\}} x_j \geq 1$$

- Résoudre le nouveau problème pour parvenir à une nouvelle solution réalisable X_2^1 .

Rajouter le p-uplet correspondant à l'ensemble Opt_0 s'il n'est dominé par aucun des p-uplets précédemment retenus Opt_0 devient Opt_1 .

Etape 3

- Choisir un indice $j_2 \in \Gamma_2$, déterminer toutes les solutions réalisables $X_2^q, q \in \{1, \dots, [\phi_{j_2}]\}$ alternatives à X_2^1 lorsqu'elles existent sur l'arête (E_{j_1}) .

Rajouter les p-uplets non dominés pour construire l'ensemble Opt_2

- Tronquer l'arête (E_{j_2}) par la coupe

$$\sum_{j \in N_2 \setminus \{j_2\}} x_j \geq 1$$

- et chercher une nouvelle solution réalisable. Enregistrer son p-uplet correspondant s'il n'est pas dominé par les p-uplets précédemment retenus. On part à l'Etape 4.

Etape k ($k \geq 4$)

- Choisir un indice $j_{k-1} \in \Gamma_{k-1}$ et explorer l'arête correspondant $(E_{j_{k-1}})$ pour déterminer les solutions alternatives $X_{k-1}^q, q \in \{1, \dots, [\phi_{jk}]\}$. Augmenter l'ensemble Eff_{k-2} par les nouveaux p-uplets non dominés pour construire Eff_{k-1} .
- L'arête $(E_{j_{k-1}})$ est tronquée par la coupe.

$$\sum_{j \in N_{k-1} / \{j_{k-1}\}} x_j \geq 1$$

- La résolution du nouveau problème permet d'obtenir une nouvelle solution réalisable qui sera, soit une solution alternative à X_{k-1}^1 (donc déjà vue), soit la prochaine meilleure solution X_k^1 . Ceci marque le début de l'étape K+1.

Etape Finale

- Le processus se termine quand il y a impossibilité de pivoter dans la méthode duale du simplexe; cela indique que la région courante ne contient aucun point entier et que l'ensemble des points efficaces est complètement déterminé.

Ces méthodes ont été implémentées en Delphi7, leurs organigrammes sont donnés en annexe

B.

Conclusion

Dans ce qui précède nous avons étudié une classe de méthodes d'aide à la décision, parmi les plus connues et les plus récentes. Nous avons détaillés les problèmes de programmation mathématique linéaires multi-objectifs à variables discrètes, MOILP (Multiple Objective Integer Linear Programming) vu la particularité de notre étude.

Cette classe de problèmes multicritères possède un héritage très riche accumulé par la programmation mathématique unicritère, considérablement développée depuis une cinquantaine d'années, lorsque G.B.Dantzig [DANTZIG 1959] proposa l'algorithme du simplexe pour résoudre le cas linéaire. Selon la nature des variables (continues, discrètes (binaires)), des coefficients (déterministes, stochastiques ou flous), des critères (linéaires, non linéaires, différentiables), des contraintes (linéaires, non linéaires), du domaine d'admissibilité (convexe, non convexe), il existe une grande variété de problèmes de programmation mathématique et de méthodes pour les résoudre.

Dans ce contexte, nous avons opté pour l'utilisation de la méthode de J.SYLVA [SYLVA 2004], cette méthode est très astucieuse car elle permet de traiter et de déterminer les solutions efficaces non supportées.

Dans ce qui précède nous avons étudié une classe de méthodes d'aide à la décision, parmi les plus connues et les plus récentes. Après ce choix de la méthode à utiliser il ne reste plus qu'à développer le système d'Information hospitalier intégrant un système d'aide à la décision thérapeutique pour une unité de soins bien particulière. La mise au point de système est présentée dans le chapitre suivant.

Chapitre 7

Chapitre 7 : Conception d'un Système Interactif d'Aide à la Décision

Introduction

Un SIAD est un outil d'aide à la décision. Cet outil assiste le décideur dans sa prise de décision. En effet, un processus de décision n'est pas entièrement automatisable [Pomerol 1992a et b]. L'identification des points du processus qui peuvent être automatisés, c'est-à-dire qui peuvent être traités par des routines constitue un point important de la définition d'un SIAD. Ce chapitre illustre l'intérêt et les possibilités des systèmes d'aide à la décision, et plus particulièrement la conception d'un système d'aide à la prise en charge thérapeutique. Il permet d'éviter les erreurs de prescription et améliore l'observance des médecins aux meilleures pratiques thérapeutiques.

7.1 Le Rôle d'un SIAD

Un SIAD est un système informatique dont le rôle est d'assister le décideur tout au long du processus de décision [LEVINE 1989]. Un processus de décision, dans le cadre défini par la gestion des organisations, se compose de quatre phases : une phase d'information, une phase de conception, une phase de choix et une évaluation du choix. La procédure décrite par cette succession de phases n'est pas purement séquentielle. Des retours en arrière peuvent se produire notamment lors de la phase de conception. L'élaboration d'un scénario peut nécessiter l'acquisition d'informations supplémentaires.

Si la phase de choix relève du décideur seul, un système d'information a sa place dans les deux phases de préparation à cette prise de décision et dans la phase d'évaluation du choix. En effet, la capacité de traitement des informations des ordinateurs permet au décideur, pendant la phase d'information, d'accéder rapidement à des informations brutes ou traitées concernant la situation courante et le champ des manœuvres autorisées par exemple. Cette capacité de traitement de l'information peut fournir des éléments d'évaluation des scénarios décrivant les différentes options envisagées par le décideur lors de la phase de conception. Dans cette phase, le système d'information peut fournir des éléments d'évaluation des scénarios à l'aide d'indicateurs calculés à partir de modèles ou de procédures de calcul adaptées. La phase d'évaluation du choix correspond à une évaluation à posteriori du choix du décideur ; cette évaluation permet de corriger les petites erreurs. La détection des erreurs et des aspects à améliorer peut être facilitée par l'apport d'informations et d'indices calculés par le système d'information. [KERSTEN 1990, LEVINE 1989].

En favorisant l'association d'un système informatique et d'un décideur un SIAD permet la formation d'un système de décision complet. Le décideur de par sa connaissance pratique possède un méta-modèle du processus de décision, et le SIAD, par sa capacité de traitement de l'information, l'aide à structurer le modèle [LEVINE 1992, 1989]. En d'autres termes, le décideur contrôle le processus de décision et le SIAD l'assiste en effectuant les calculs standards et répétitifs sur les données [KERSTEN 1990]. Dans une telle perspective, le processus de décision s'identifie à une recherche heuristique menée par le décideur; le système jalonne le processus de recherche à l'aide d'indicateurs et d'informations. Le décideur, en fonction de ces informations produites à l'issue de traitements des données, continue l'exploration heuristique des actions

possibles, ou arrête si tout lui indique que la solution construite atteint ses objectifs de façon satisfaisante [POMEROL 1997, LEVINE 1989]. De ce fait la coopération entre le décideur et le système informatique ne peut être fructueuse que dans le cadre d'un système interactif [POMEROL 1997, 2002, LEVINE 1989].

7.2 Principe d'un SIAD

Un SIAD se compose de trois modules: un module de dialogue, un module contenant les données et un module contenant les procédures de calcul ou modèles (Fig. 7.1), le module de dialogue est interconnecté avec les deux autres modules. Il est essentiel puisqu'il constitue l'interface entre l'utilisateur et le reste du système. Dans les paragraphes qui suivent, nous présentons le rôle et la composition de chacun des modules.

Par l'intermédiaire des interfaces gérées par ce module, le décideur accède aux données et aux fonctions de calcul, et le système utilise le même vecteur pour lui communiquer le résultat des manipulations effectuées par le décideur. Les échanges sont d'autant plus favorisés que les représentations des résultats, tout comme le mode de questionnement du système, correspondent aux représentations mentales du décideur. Ainsi, le décideur peut exercer son contrôle et effectuer sa recherche heuristique dans de bonnes conditions.

Le module base de données assure la fonction de mémoire. Il stocke les données de façon permanente ou passagère et gère aussi l'enregistrement de données volatiles ainsi que l'effacement de ces mêmes données selon le souhait de l'utilisateur. Ces données volatiles correspondent aux résultats obtenus au cours de traitements de données. Les données que nous avons qualifiées de permanentes sont les statistiques ou autres données qui décrivent la situation courante et passée.

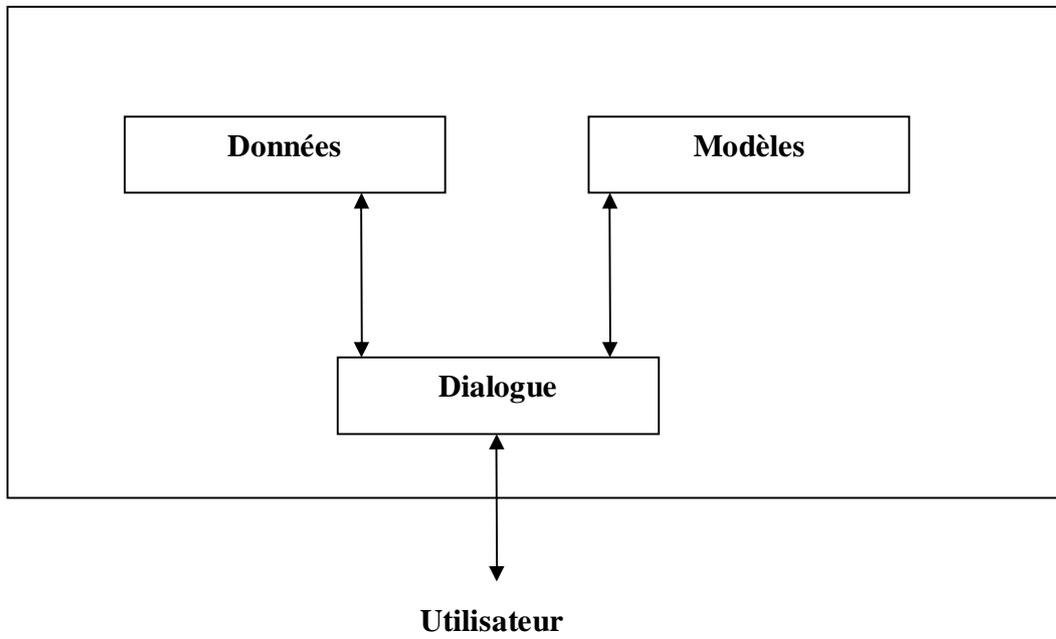


Figure 7.1 : Principe des SIAD [PELLETIER 1999]

Le module "modèles" contient l'ensemble des procédures de computation utilisées dans les différents traitements standard des données mises à disposition de l'utilisateur. Il peut s'agir de calculs standards (d'indices et d'indicateurs par exemple) et de procédures de représentation des données. Si les procédures de représentation intègrent une donnée médicale alors on est face à un « Système Interactif d'Aide à la Décision médicale », (Medical Decision Support System).

7.3 Proposition d'un outil d'aide à la décision médicale

Pour concevoir un système d'aide à la décision médicale qui vérifie toutes les contraintes, le cancérologue doit avoir à sa disposition un ensemble de données pertinentes et une méthode efficace qui permet de convertir de façon optimale les données disponibles, et de calculer une solution qui satisfasse l'ensemble des contraintes spécifiques au problème tout en réalisant au mieux les objectifs. Idéalement, le modèle conceptuel d'aide à la décision médicale devrait avoir les caractéristiques suivantes :

- Une représentation réaliste des données médicales;
- Une couverture compréhensive de toutes les caractéristiques essentielles et activités dans le système intégré;
- Une capacité de s'adapter aux changements de l'environnement et du système;
- Une flexibilité dans la prise en compte de différents critères de sélection et politiques;
- Une possibilité de s'étendre pour recevoir des développements futurs dans le cadre de situations nouvelles ou complexes [WONG 1973].

7.4 Position du problème de décision au service d'oncologie du CPMC

La maladie du cancer est un problème majeur de santé publique dont les causes sont encore mal cernées. Son impact socio-économique n'est pas des moindres :

- Une mortalité élevée ;
- Un coût important des traitements.

En général il est traité avec une combinaison de différentes thérapies selon l'avancement de la maladie. Principalement, au CPMC, sont pratiquées la chimiothérapie, la radiothérapie et la chirurgie. D'autres thérapies pour des cancers bien déterminés sont également employées : l'immunothérapie et l'hormonothérapie.

Le cancer du cavum (rhino-pharynx) est un cancer fréquent en Algérie et pose un problème important (Figure 7.2). Il touche préférentiellement l'adulte jeune avec un taux élevé de métastase ganglionnaire et viscérale qui explique une partie des échecs thérapeutiques [KERBOUA 2006]. L'OMS [WHO 1992] note qu'en Algérie l'incidence annuelle est de $5.5/10^5$ habitants pour le sexe masculin et de $3/10^5$ habitants pour le sexe féminin.

Cette situation préoccupante de santé publique montre qu'il est indispensable d'améliorer la prise en charge des patients notamment en fournissant aux praticiens des outils informatiques d'aide à la décision.

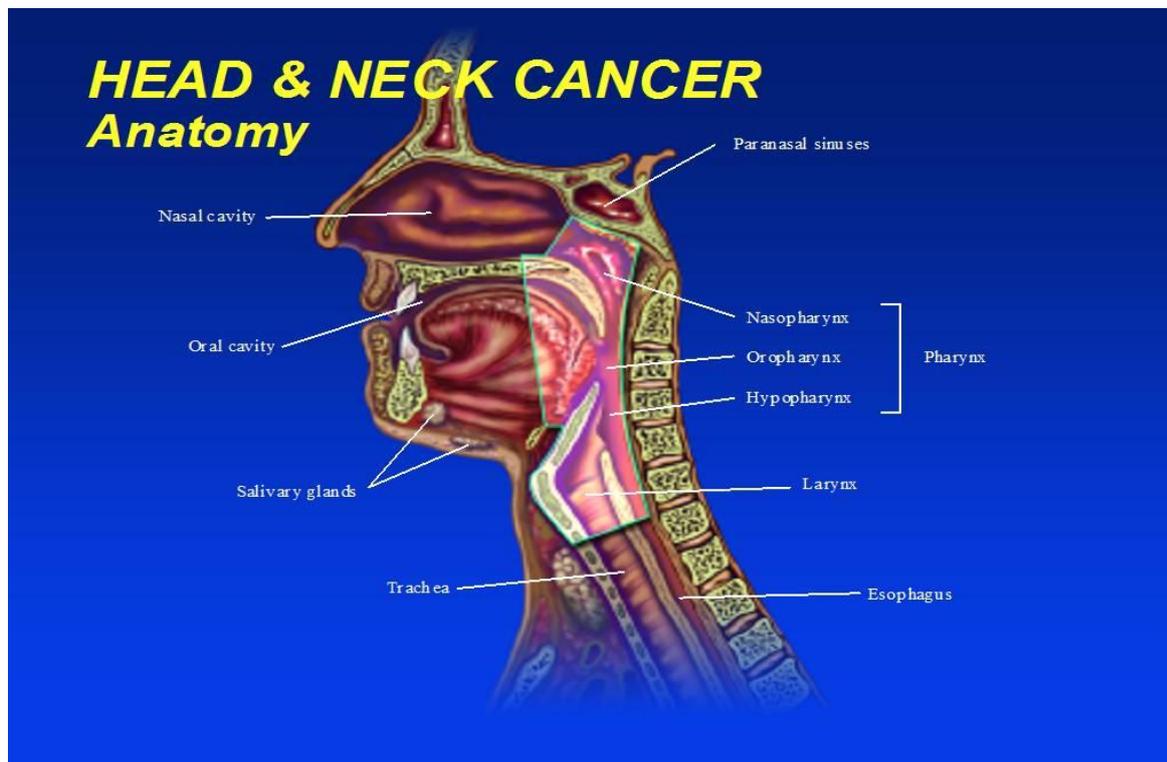


Figure 7.2 : Localisation du Cavum

7.5 Formulation du problème

Dans le cadre de son exercice, le médecin [BELACEL 2004 a,b] fait appel à son expérience et à ses connaissances académiques, lorsque celui-ci doit prendre une décision pour une prise en charge, il fait appel à deux types de sources d'informations : Son expérience et son expertise (connaissances théoriques, formation médical,...). Pour ce qui est du cancer, la chimiothérapie est l'un des principaux traitements utilisés. Celle-ci consiste en l'administration de drogues toxiques (très souvent en combinaisons) en plusieurs cures si nécessaire. On emploie le terme de protocoles pour désigner ces combinaisons de drogues. Cependant le choix du protocole à administrer est un véritable problème de décision pour le cancérologue.

Le cancérologue doit choisir parmi les protocoles disponibles et indiquer celui qui répond aux différents critères qu'il a retenus.

Un protocole est indiqué à un malade lorsque celui-ci n'a pas encore été traité avec ce protocole pour ce cancer ou s'il ne présente pas de contre-indications à ce protocole.

Les critères de choix sont :

- la réponse objective du malade au traitement (à maximiser) ;
- la survie globale du malade (à maximiser) ;
- la qualité de vie du malade (à maximiser) ;
- la toxicité du protocole (à minimiser) ;
- le coût du protocole (à minimiser).

Les trois premiers critères sont quantifiés grâce à des statistiques établies au niveau du service même, le quatrième est quantifié par l'OMS [WHO 1992] tandis que le cinquième est une donnée administrative.

7.6 Choix de la méthode de résolution

L'objectif principal est de fournir au médecin utilisateur une certaine assiette de possibilités afin de prendre une décision efficace selon le cas présenté. Ceci est traduit mathématiquement par la recherche d'un sous ensemble de solutions réalisables dites efficaces (au sens de pareto [PELLETIER 1999]).

Le modèle construit dans notre étude, est un modèle de programmation linéaire " multi

objectifs" à variable binaires du type $x_i = \begin{cases} 1 & \text{si le protocole est bon} \\ 0 & \text{dans le cas contraire} \end{cases}$.

Les méthodes développées pour résoudre ce type de problèmes, sont en nombre réduit.

Parmi les plus récentes nous citons la méthode de Sylva et Crema [SYLVA 2004], elle permet de trouver une solution efficace qui réalise l'optimum du critère principal ce qui a motivé notre choix pour proposer une méthode élaborée à partir de cette dernière.

7.7 Modélisation du problème

On peut modéliser ce problème comme suit :

Variables de Décision

Pour choisir le protocole qui « convient » le mieux, on attribue la variable binaire de décision x_i au protocole i . Donc les variables de décision sont :

$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{si le protocole est bon} \\ 0 & \text{dans le cas contraire} \end{cases}$$

L'oncologue face à un cas médical peut décider de prescrire une chimiothérapie. Cependant il existe un nombre n de chimiothérapie, pour les protocoles i , $i \in [1, n]$, déterminés chacun par :

- un taux de réponse objective r_i ,

- un taux de survie globale s_i ,
- une qualité de vie q_i ,
- une toxicité t_i ,
- un coût c_i .

On compte 5 protocoles dans le service d'oncologie médical, d'où $n = 5$.

Objectifs

Objectif 1 : On doit maximiser le taux de réponse objective exprimé comme :

$$z_1 = \sum_{i=1}^n r_i \cdot x_i \quad (7.1)$$

Objectif 2 : On maximise le taux de survie globale donnée par : $z_2 = \sum_{i=1}^n s_i \cdot x_i$. (7.2)

Objectif 3 : On maximise la qualité de vie, $z_3 = \sum_{i=1}^n q_i \cdot x_i$ (7.3)

Objectif 4 : On minimise la toxicité donnée par l'équation : $z_4 = \sum_{i=1}^n t_i \cdot x_i$ (7.4)

Objectif 5 : On minimise le coût global : $z_5 = \sum_{i=1}^n c_i \cdot x_i$ (7.5)

Contraintes

Le patient en ce qui le concerne a éventuellement des antécédents médicaux qui lui interdisent certains médicaments ; ce qui peut être quantifié par un paramètre binaire I_i , $i=1, \dots, n$ qui indique si le protocole i est indiqué au patient ou non.

On sait si le protocole i est disponible ou non. Cela est également quantifiable par un paramètre binaire d_i , $i = 1, \dots, n$. On a donc $2n+1$ contraintes définies par :

$$\text{- Contrainte 1 : } \sum_{i=1}^n x_i = 1 \quad (7.6)$$

$$\text{- Contraintes 2 : } x_i \leq I_i \cdot d_i, \quad i = 1 \dots n \quad (7.7)$$

$$\text{- Contraintes 3 : } x_i \in \{0,1\}, \quad i = 1, \dots, n \quad (7.8)$$

On vient de définir le problème multi objectifs suivant :

$$(P) \left\{ \begin{array}{l} \text{" max" } \quad Z_1 = \sum_{i=1}^n r_i \cdot x_i \\ \text{" max" } \quad Z_2 = \sum_{i=1}^n s_i \cdot x_i \\ \text{" max" } \quad Z_3 = \sum_{i=1}^n q_i \cdot x_i \\ \text{" max" } \quad Z_4 = - \sum_{i=1}^n t_i \cdot x_i \\ \text{" max" } \quad Z_5 = - \sum_{i=1}^n c_i \cdot x_i \\ t.q. \\ \sum_{i=1}^n x_i = 1 \\ x_i \leq I_i \cdot d_i \quad i = 1 \dots n \\ x_i \in \{0,1\} \quad i = 1, \dots, n \end{array} \right.$$

Nous avons en fait un problème d'optimisation multi objectifs en nombres entiers.

Les solutions non dominées peuvent être obtenues en appliquant la méthode de Sylva & Crema [voir méthode page 139]

Critère principal

C'est un critère qui représente une somme pondérée où les poids sont des pourcentages associés aux critères définis précédemment, indiquant ainsi l'importance de chacun d'eux.

$$Z_\lambda = \sum_{i=1}^5 \lambda_i z_i ; \text{ Avec } 0 \leq \lambda_i \leq 1 \text{ et } \sum_i \lambda_i = 1.$$

L'utilisateur a pour objectif principal de choisir parmi les solutions efficaces du problème multi objectifs (P), celle qui maximise le critère Z_λ du problème principal suivant :

$$(P) \begin{cases} \max Z_\lambda(x) = \sum_i \lambda_i z_i(x) \\ t.q. x \in Eff(P) \end{cases} ; Eff(P) \text{ est l'ensemble des solutions efficaces du problème (P).}$$

7.8 L'application

Nous avons utilisé les données fournies par le service d'oncologie médicale (CPMC) (Tableau 7.1)

Trois protocoles sont choisis parmi les 5 utilisés par le service.

Réponse objective	Survie Globale	Qualité de vie	Toxicité	Coût
0,5	0,2	0,05	0,2	0,05

Tableau 7.1 : Mesure d'importance de chacun des critères

Remarque : Il est à noter que la Somme des poids doit être égale à 1.

La mesure de l'importance de chaque critère est déterminée par des normes internationales (OMS) corrigée par les médecins. En effet, les protocoles administrés aux patients sont évalués régulièrement après chaque utilisation, ce qui permet aux utilisateurs de les réviser.

Pour une première illustration nous avons étudié un type de cancer en choisissant les protocoles les plus utilisés. Le résultat de ce travail est résumé dans le tableau 7.2 [Kerboua 2006].

	Protocole 1	Protocole 2	Protocole 3
Réponse Objective	80	70	65
Survie Globale	20,5	21	23
Qualité de vie	2,5	2	3
Toxicité	-4	-4	-3
Coût	-1200	-25000	-10000

Tableau 7.2 : Données pour trois protocoles

Le problème multi objectif correspondant est :

$$(P) \left\{ \begin{array}{l}
 \text{"max"} \ z_1 = 80x_1 + 70x_2 + 65x_3 \\
 \text{"max"} \ z_2 = 20.5x_1 + 21x_2 + 23x_3 \\
 \text{"max"} \ z_3 = 2.5x_1 + 2x_2 + 3x_3 \\
 \text{"max"} \ z_4 = -4x_1 - 4x_2 - 3x_3 \\
 \text{"max"} \ z_5 = -1200x_1 - 25000x_2 - 10000x_3 \\
 \text{t.q.} \\
 x_1 + x_2 + x_3 = 1 \\
 x_1 \leq 1 \\
 x_2 \leq 1 \\
 x_3 \leq 1 \\
 x_1 \geq 0, \ x_2 \geq 0, \ x_3 \geq 0
 \end{array} \right.$$

L'objectif principal est :

$$\begin{aligned} Z_\lambda &= 0.5z_1 + 0.2z_2 + 0.05z_3 + 0.2z_4 + 0.05z_5 \\ &= 0.5(80x_1 + 70x_2 + 65x_3) + 0.2(20.5x_1 + 21x_2 + 23x_3) + \\ &\quad 0.05(2.5x_1 + 2x_2 + 3x_3) + 0.2(-4x_1 - 4x_2 - 3x_3) + \\ &\quad 0.05(-1200x_1 - 25000x_2 - 10000x_3) \end{aligned}$$

Donc le problème principal à résoudre est :

$$\begin{cases} \max Z_\lambda = -946.55x_1 - 11211.1x_2 - 1962.9x_3 \\ t.q. \\ x \in EEf(P) \end{cases}$$

$EEf(P)$ est l'ensemble des solutions efficaces du problème multi-objectifs (P).

Le problème ci-dessus est un problème de programmation linéaire multi-objectif en nombres entiers. Le domaine d'admissibilité est représenté par la figure 7.3.

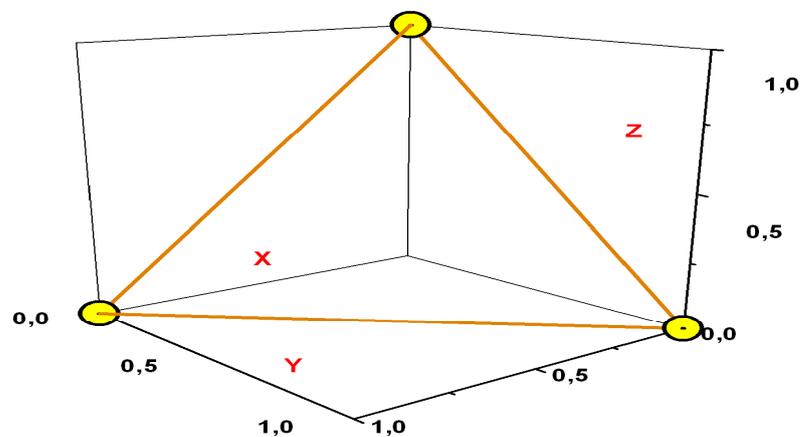


Figure 7.3: Domaine des solutions réalisables

L'ensemble S des solutions admissibles est le triangle dont les sommets sont les points $(1,0,0), (0,1,0), (0,0,1)$. Ces derniers sont les seules solutions admissibles entières.

L'algorithme produit directement le protocole efficace satisfaisant la pondération de préférence.

$$Z_{\lambda} = -946.55x_1 - 11211.1x_2 - 1962.9x_3$$

Il n'est pas nécessaire, en général, de parcourir toutes les solutions non dominées car la méthode adoptée donne directement la solution efficace optimale pour la préférence ci-dessus.

Du point de vue algorithmique et vu l'existence de ces méthodes exactes récemment développées [SYLVA 2004]. Nous avons ciblé la qualité de la solution plutôt que la convergence.

Nous proposons par conséquent aux décideurs de prendre le protocole (1,0,0), il est le meilleur par rapport au critère de préférence et d'efficacité.

7.9 Validation de la méthode adoptée

L'analyse multicritère ne peut être considérée comme un outil puissant que si elle permet d'utiliser une analyse de sensibilité. Cette analyse permet de vérifier la robustesse des résultats et de conforter la méthode choisie. Une simulation sur les paramètres des méthodes d'aide à la décision multicritère étudié, a été faite ainsi qu'une comparaison des résultats obtenus. Celle-ci nous a permis de :

- De tester le logiciel afin d'établir sa fiabilité ;
- De tester la méthode implémentée.

7.9.1 Test1 [ABBAS et MOULAI 1999]

Le Programme linéaire à résoudre et le suivant :

$$\text{Max.Z1} = 80x_1 + 70x_2 + 65x_3$$

$$\text{Max.Z2} = 20,5x_1 + 21x_2 + 23x_3$$

$$\text{Max.Z3} = 2,5x_1 + 2x_2 + 3x_3$$

$$\text{Max.Z4} = -4x_1 - 4x_2 - 3x_3$$

$$\text{Max.Z5} = -1200x_1 - 25000x_2 - 10000x_3$$

sous les contraintes:

$$1x_1 + 0x_2 + 0x_3 \leq 1$$

$$0x_1 + 1x_2 + 0x_3 \leq 1$$

$$0x_1 + 0x_2 + 1x_3 \leq 1$$

$$1x_1 + 1x_2 + 1x_3 = 1$$

$$X_i \geq 0, x_i \text{ entier pour } i=1..3.$$

Itération1

base	x1	x2	x3	x4	x5	x6	RHS
X6	0	0	1	0	0	1	1
X5	0	0	-1	1	1	0	1
X2	0	1	1	-1	0	0	0
X1	1	0	0	1	0	0	1
C1-Z1	0	0	-5	-10	0	0	80
C2-Z2	0	0	2	1	0	0	21
C3-Z3	0	0	1	-1	0	0	3
C4-Z4	0	0	1	0	0	0	-4
C5-Z5	0	0	15000	-238000	0	0	-1200

Itération2

base	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	RHS
X6	0	0	0	0	0	1	1	0
X5	0	1	0	0	1	0	0	1
X4	0	-1	0	1	0	0	-1	1
X1	1	1	0	0	0	0	1	0
X3	0	0	1	0	0	0	-1	1
C1-Z1	0	-10	0	0	0	0	-15	65
C2-Z2	0	1	0	0	0	0	3	23
C3-Z3	0	-1	0	0	0	0	1	3
C4-Z4	0	0	0	0	0	0	1	-3
C5-Z5	0	-238000	0	0	0	0	-8800	-10000

RESULTAT

LES VECTEURS CRITERES NON DOMINES

80	21	3	-4	-1200
70	21	2	-4	-25000
65	23	3	-3	-10000

LES SOLUTIONS EFFICACES SONT

$$1 \quad 0 \quad 0$$

$$0 \quad 1 \quad 0$$

$$0 \quad 0 \quad 1$$

Le nombre d'itération est 3

En optimisant sur l'ensemble des solutions efficaces, une seule alternative est retenue ;

Cette solution peut être aussi trouvée en appliquant une des méthodes de recherche des solutions efficaces d'un problème MOILP [ABBAS & CHAABANE2002], puis en évaluant le critère principal sur chacune des solutions efficaces.

7.9.2 Test2 [ABBAS & CHAABANE 2002]

Programme linéaire à résoudre

$$\text{Max.Z1} = 80x_1 + 70x_2 + 65x_3$$

$$\text{Max.Z2} = 20,5x_1 + 21x_2 + 23x_3$$

$$\text{Max.Z3} = 2,5x_1 + 2x_2 + 3x_3$$

$$\text{Max.Z4} = -4x_1 - 4x_2 - 3x_3$$

$$\text{Max.Z5} = -1200x_1 - 25000x_2 - 10000x_3$$

Sous les contraintes:

$$1x_1 + 0x_2 + 0x_3 \leq 1$$

$$0x_1 + 1x_2 + 0x_3 \leq 1$$

$$0x_1 + 0x_2 + 1x_3 \leq 1$$

$$1x_1 + 1x_2 + 1x_3 = 1$$

$$X_i \geq 0, x_i \text{ entier pour } i=1..3.$$

Itération1

base	x1	x2	x3	x4	x5	x6	RHS
X6	0	0	1	0	0	1	1
X5	0	0	-1	1	1	0	1
X2	0	1	1	-1	0	0	0
X1	1	0	0	1	0	0	1
C1-Z1	0	0	-5	-10	0	0	80
C2-Z2	0	0	2	1	0	0	21
C3-Z3	0	0	1	-1	0	0	3
C4-Z4	0	0	1	0	0	0	-4
C5-Z5	0	0	15000	-238000	0	0	-1200

Itération2

base	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	RHS
X6	0	0	0	0	0	1	1	-1	1
X5	0	0	0	0	1	0	-1	2	0
X3	0	0	1	0	0	0	-1	1	0
X1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
X4	0	0	0	1	0	0	0	-1	1
X2	0	1	0	0	0	0	1	-2	1
C1-Z1	0	0	0	0	0	0	-5	-5	70
C2-Z2	0	0	0	0	0	0	2	-2	21
C3-Z3	0	0	0	0	0	0	1	-2	2
C4-Z4	0	0	0	0	0	0	1	-1	-4
C5-Z5	0	0	0	0	0	0	15000	-38800	-25000

itération3

base	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	RHS
X7	0	0	0	0	0	1	1	0	-1	1
X5	0	0	0	0	1	2	0	0	1	1
X3	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
X2	0	1	0	0	0	-2	0	0	-1	0
X4	0	0	0	1	0	-1	0	0	-1	1
X1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0
X8	0	0	0	0	0	-1	0	1	-1	0
C1-Z1	0	0	0	0	0	0	0	0	-5	65
C2-Z2	0	0	0	0	0	-2	0	0	0	23
C3-Z3	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	3
C4-Z4	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-3
C5-Z5	0	0	0	0	0	-269000	0	0	-11900	-10000

RESULTATS

LES VECTEURS CRITERES NON DOMINES

80	21	3	-4	-1200
70	21	2	-4	-25000
65	23	3	-3	-10000

LES SOLUTIONS EFFICACES SONT

1	0	0
0	1	0
0	0	1

Le nombre d'itération est 4

7.9.3 Test3 [SYLVA & CREMA 2004]

Le Programme linéaire à résoudre

$$\text{Max.Z1} = 80x_1 + 70x_2 + 65x_3$$

$$\text{Max.Z2} = 20,5x_1 + 21x_2 + 23x_3$$

$$\text{Max.Z3} = 2,5x_1 + 2x_2 + 3x_3$$

$$\text{Max.Z4} = -4x_1 - 4x_2 - 3x_3$$

$$\text{Max.Z5} = -1200x_1 - 25000x_2 - 10000x_3$$

Sous les contraintes:

$$1x_1 + 0x_2 + 0x_3 \leq 1$$

$$0x_1 + 1x_2 + 0x_3 \leq 1$$

$$0x_1 + 0x_2 + 1x_3 \leq 1$$

$$1x_1 + 1x_2 + 1x_3 = 1$$

$X_i \geq 0, x_i$ entier pour $i=1..3$.

Itération1

base	x1	x2	x3	x4	x5	x6	RHS
X6	0	-1	0	1	0	1	1
X5	0	1	0	0	1	0	1
X3	0	1	1	-1	0	0	0
X1	1	0	0	1	0	0	1
C1-Z1	0	5	0	-15	0	0	80
C2-Z2	0	-2	0	3	0	0	21
C3-Z3	0	-1	0	1	0	0	3
C4-Z4	0	-1	0	1	0	0	-4
C5-Z5	0	-150000		-8800	0	0	-1200

RESULTATS

LES VECTEURS CRITERES NON DOMINES

80 21 3 -4 -1200

LES SOLUTIONS EFFICACES SONT

1 0 0

Le nombre d'itérations 1.

Le protocole 1 est suggéré dans ce cas aussi

7.9.4 Analyse des résultats

Les résultats obtenus affirment les constatations suivantes :

- Le nombre d'itérations diffèrent légèrement d'une méthode à une autre. La méthode utilisant l'espace des critères a la caractéristique principale : Une solution reconnue efficace à une certaine étape k ne sera plus rejetée par la suite. Elle a aussi l'avantage de ne pas effectuer d'exploration, ce qui permet d'augmenter la rapidité de la résolution.
- Les autres méthodes se caractérisent par une technique exploratoire qui fait qu'une solution reconnue efficace à une étape k peut être rejetée plus tard. Et le nombre d'itérations est supérieur.

Ces résultats nous conduisent à l'adoption de la méthode de Sylva et Créma pour la conception du SIAD. La mise en œuvre de ce système sera développée dans la section suivante.

7.10 Conception de l'Interface Utilisateur

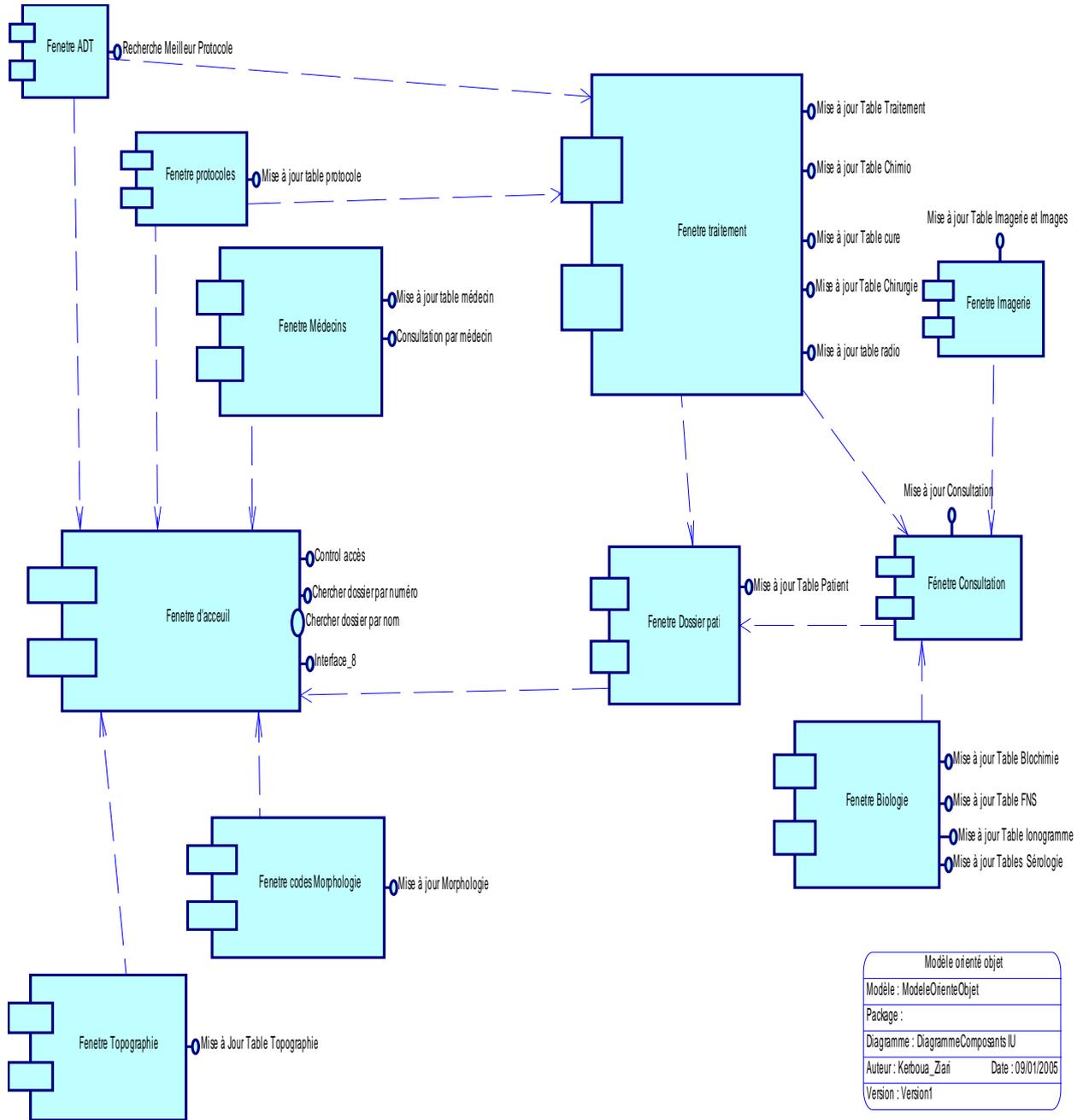
L'objectif du système est de fournir au cancérologue un outil « souple » et simple d'utilisation qui l'assiste efficacement dans sa recherche de solution thérapeutique.

Cette phase du travail tient de l'IHM (Interface Homme-Machine). C'est la discipline qui, dans la conception des systèmes informatiques, réalise la communication entre l'utilisateur et la machine. Cette communication s'effectue via l'interface utilisateur (IU) dont la conception devient de plus en plus un élément prépondérant dans l'élaboration des systèmes informatiques. En effet, la conception des interfaces nécessite une prise en compte de plus en plus importante des utilisateurs, une homogénéité dans la structure générale des écrans, une adaptabilité à différents types d'utilisateurs et une facilité d'utilisation et d'apprentissage des objets graphiques manipulés [KETANI 2001].

En ce qui nous concerne, il fallait concevoir une interface qui rappelle le dossier médical et qui est facile à manipuler. Aussi nous avons choisi d'implémenter l'application avec Delphi7 de Borland [BALLAVOINNE 2003].

Celui-ci est un environnement de développement objet qui permet de concevoir des applications avec des composants visuels prédéfinis de bonne qualité et de divers types. Il offre également des composants de connexion à divers types de serveurs de bases de données dont Microsoft Access [GARDARIN 2003].

Nous avons pour cela élaboré un diagramme des composants de l'IU où nous représentons les différentes fenêtres de l'application et les fonctionnalités qu'elles offrent pour l'exploitation de la base de données que nous avons conçue plus tôt. Le diagramme donné en figure 7.4 décrit une IU qui permet de rechercher un dossier soit par numéro soit par nom. L'utilisateur peut ainsi naviguer dans la base de données, dossier par dossier, à partir d'une fenêtre d'accueil. Les tables ont été reliées par des relations Maître-Détail sauf pour celles qui représentent une base de connaissances théoriques (protocoles, morphologies, topographies).



Modèle orienté objet	
Modèle : ModeleOrientéObjet	
Package :	
Diagramme : DiagrammeComposants IU	
Auteur : Kerboua_Ziani	Date : 09/01/2005
Version : Version1	

Figure 7.4: Diagramme des composants de l'IU

Les relations Maître-Détail permettent lorsqu'on se situe sur un enregistrement de la table Maître, de se connecter automatiquement à tous les enregistrements correspondants dans les tables Détails. Ainsi, lorsqu'on ouvre le dossier d'un patient, on accède directement aux données concernant ses examens et ses traitements.

Par ailleurs, nous avons intégré une fenêtre pour l'aide à la décision thérapeutique. L'utilisateur ne saisit que le nombre de protocoles candidats, (la somme des composantes du vecteur doit être égale à 1), et les composantes des vecteurs critères.

7.11 Test et mise en place

La méthode adaptée et implémentée à notre problème donne des résultats parmi lesquels l'utilisateur peut sélectionner le protocole qui répond à sa préférence. En effet, les variables ne sont pas nombreuses (pas plus de cinq protocoles) ; donc tout en étant efficaces, les solutions proposées peuvent subir une sélection manuelle de la part de l'utilisateur.

La donnée du vecteur, en début de procédure, peut être modifiée pour une nouvelle recherche de propositions.

Dans ce cas où les paramètres des protocoles sont proches les uns des autres, nous pouvons affirmer que tous les protocoles sont efficaces.

Il est nécessaire de rappeler que la méthode utilise les données qui sont fournies et n'opère donc aucune modification sur celles-ci. Il revient à l'utilisateur de déterminer avec soin les paramètres d'entrées.

L'avantage de la méthode est son applicabilité, quel que soit le niveau de traitement. Il arrive en effet, qu'un protocole échoue et lorsqu'il faut en choisir un autre, celui là sera exclu de la liste de choix. Il suffira donc d'entrer uniquement les paramètres des protocoles candidats.

C'est pourquoi les paramètres (indication et disponibilité) sont éliminés du programme, mais existent implicitement dans les contraintes, puisque les protocoles candidats doivent être disponibles et indiqués, connaissance qui, dans la réalité ne constitue pas une difficulté.

Nous avons pu, avec les utilisateurs, tester le système. Celui-ci répond aux besoins immédiats qui ont été définis dans le cahier des charges.

7.12 Sécurité du système

A chaque catégorie de systèmes d'information correspond un niveau de risque qui impose, des mesures de sécurité impliquant des solutions techniques et d'organisation (Allert 1997). Pour le système développé nous avons défini deux mesures de sécurité [KERBOUA 2003] :

- Les Solutions techniques

Elles comportent l'ensemble des mesures classiques de protection physique tels que :

- Le contrôle des accès aux locaux (identification, authentification)
- La régulation de l'alimentation électrique,
- La protection contre l'incendie et l'inondation,
- Les fiches doivent être recopiées régulièrement afin d'éviter leur destruction accidentelle,
- La fixation des matériels sur leur support.

- Les solutions d'organisation

Les protections techniques précédentes doivent s'inscrire dans le cadre d'une politique de sécurité de l'établissement, indispensable à la réalité de leur mise en œuvre et à leur pérennité.

Cette politique de sécurité s'exprimera en particulier par :

- La désignation d'un responsable de la sécurité des informations,
- La rédaction d'une charte de sécurité des informations médicales.

La mise en place du logiciel dénommé El-Hayet, permet l'informatisation des dossiers des malades du service d'oncologie médicale du CPMC d'Alger, atteints de cancer et de fournir dans le même cadre une aide à la décision thérapeutique pour le choix d'un protocole de chimiothérapie.

Cet outil, vise à fournir aux médecins un outil de consultation commode, d'une ergonomie aisée, en minimisant les tâches de recherche de l'information et surtout en présentant une aide à la décision. C'est un système qui peut être classé parmi les systèmes d'informations opérationnels et les systèmes informatiques d'aide à la décision.

Conclusion

Nous avons montré dans ce chapitre que le système d'aide à la décision présenté est interactive incorporant une des méthodes d'optimisation non convexe la plus récente [SYLVA 2004] opérant sur l'ensemble des solutions efficaces qui est non convexe et offrant une solution efficace optimale. Cette solution sera exploitée par la suite par les utilisateurs, le radiologue, le cancérologue et éventuellement autres. Le système ainsi développé est paramétrable donc peut être utilisé pour tous les types de cancer, il suffit d'introduire les protocoles relatifs.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

L'objectif de notre travail de recherche a été orienté essentiellement vers l'étude et la mise en œuvre d'un système d'information Hospitalier intégrant un Système Interactif d'aide à la Décision Thérapeutique.

La réussite d'un tel système est soumise à plusieurs conditions dont les plus importantes sont :

- Une connaissance approfondie du système d'information de l'hôpital ;
- Une analyse fine de la sociologie des organisations de l'hôpital et une bonne communication entre les différents acteurs ;
- Une maîtrise de l'information médicale et une étude détaillée des méthodes utilisées pour l'aide à la décision médicale ;
- Une stratégie matérielle et logicielle adaptée.

Dans notre démarche nous avons abordé le milieu hospitalier selon trois orientations :

- le diagnostic de l'établissement hospitalier algérien, qui présente plusieurs insuffisances. L'introduction d'outils d'aide à la décision s'avère indispensable pour faire face aux problèmes posés ;
- Les aspects conceptuels et méthodologiques des systèmes d'information hospitaliers et les bases de données ont été abordés par la proposition d'un système d'information hybride, utilisant à la fois la méthode Merise et le langage UML.
- Pour donner une particularité et une plus grande fonctionnalité au modèle conçu, nous avons intégré au système d'information hospitalier, développé pour le service d'oncologie médicale du C.P.M.C, un système d'aide à la décision thérapeutique.

L'application a été réalisée en utilisant un système d'analyse de gestion de base de données, structuré autour du fichier patient. D'une part, il permet l'informatisation des dossiers des malades et d'autre part il fournit une aide à la décision thérapeutique pour le choix des protocoles dans le cadre de la chimiothérapie, et ce pour tous types de cancers utilisant pour cela l'optimisation multicritères qui est la particularité majeure de ce système.

Il est toutefois à souligner que la réalisation d'un système d'information hospitalier n'exige pas uniquement des moyens matériels et ne pourra effectuer un saut qualitatif qu'avec la participation active d'une équipe pluridisciplinaire. Cette participation a été initialisée dès la phase d'analyse sous peine de rejet ultérieur et intégrera en outre une formation adéquate de l'ensemble des acteurs.

Le système développé au sein du service d'oncologie médicale a permis de :

- Disposer d'une meilleure gestion des dossiers médicaux ;
- D'avoir des statistiques sur l'activité du service et d'améliorer sa qualité ;
- D'enrichir la recherche scientifique et mesurer les probabilités de santé de la population.
- D'initier l'équipe médicale aux bases de données et à l'utilisation de l'outil informatique.

Rappelons que ce système a été développé pour un seul service (composés de plusieurs unités) ; c'est dire que le travail est loin d'être terminé. Il pourra éventuellement être étendu aux autres services et prendre en charges différentes pathologies. Plus tard il pourra être envisageable de ne plus créer de dossier matériel en s'orientant vers la gestion électronique des documents qui est en plein essor dans le domaine des systèmes d'information hospitaliers.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- [ABBAS 1999] Abbas M., Moulai M., (1999) « Solving multiple objective integer linear programming ». Journal of the Italian Research Society (Ricerca Operativa), VOL 29 N°89 pp15-39.
- [ABBAS 2002] Abbas M., Chaabane D.,(2002) «An Algorithm for solving multiple objective integer linear programming problem».RAIRO Operations Research 36 , pp351-364
- [ABBAS 2004] Abbas M., Chaabane D.,(2004) « An algorithm for solving multiple objective integer linear programming problem,» Journal of operational research, pp351-364.
- [ACSIOME 1991] Acsiome.,(1991) « In Modélisation dans la conception des Systèmes d'informations, » Paris, Masson;
- [ALLERT 97] Allaert et al., (1997)« la sécurité des systèmes d'information médico- hospitaliers, »Informatique et santé, vol.9,p.149-157.
- [ANTHONY 1971] Anthony R.N , (1971)«Planning And Control Systems. A Framework for Analysis, » Boston Harvard University.
- [ALLEN 1998] Allen P. et Frost S.,(1998) «Component-based development for enterprise systems, » Cambridge University Press.
- [BARTOLI 1996] Bartoli J-Q, Lemoigne J-L.,(1996) « Organisation intelligente et système d'information stratégique » Edition Economica, Paris.
- [BATAILLIE 1995] BataillieA., « Modèled'analyse-conception des Systèmes d'Informatique, » (1995)Editions d'organisation, Paris.
- [BAUD 2003] Baud D, M.Fiechi, P.Le beaux, P.Ruch.,(2003)«From Professionnels to Patients, » The new technology.
- [BELACEL 2001] BelacelN., VinckePh, Scheiff J.M and Boulassel M.R,(2001)«Acute leukemia diagnosis aid using multicriteria fuzzy assignment methodology »ARTICLE Computer Methods and Programs in Biomedicine, Volume 64, 2001, Pages 145-151.
- [BELACEL 2004 a] Belacel N and Boulassel M.R (2004) «Multicriteria fuzzy classification procedure PROCFTN: methodology and medical application » ARTICLE Fuzzy Sets and Systems, Volume 141, Issue 2, 16 January, Pages 203-217 .

- [BELACEL 2004 b] Belacel N., (2004) « La méthodologie de l'aide multicritère à la Décision pour les problèmes de l'aide au diagnostic médical, » Informatique et santé, (16) :295-304 SpringerVerlagFrance.
- [BALLAVOINE2003] Ballavoine J-P., (2003) « Delphi 7 »Editions Dunod
- [BEUSCART 1992] Beuscart R., Fieschi M.,(1992) « Cognitive et systèmes experts médicaux , » le courrier du CNRS79 :101.
- [BERBAIN 1998] Berbain X.,(1998) « L'informatique comme instrument du changement organisationnel, » Thèse de doctorat en sciences de gestion Ecole Polytechnique paris.
- [BERNARD 1977] Bernard J., (1977)« la décision médical, » Cahiers Médicaux 3(10) : 529-532.
- [BEYE 1999] Beye, S.,(1999) « L'économique et la santé dans une perspective managériale», Paris : L'Harmattan,.
- [BOOCH 1991] Booch G., (1991) « Analyse et conception orientée objets » Addison-Wesley.
- [CHAABANE 2003] Chaabane D.,(2003) « Optimization over the integer efficient set, Mathematical Methods in Economy, Conference Proceeding.
- [CHAABANE 2004] Chaabane D.,(2004) « A Method for Optimizing over the integer Efficient Set in the Criteria Space , »IIEC Conference Proceeding
- [CHAMBAR1987] Chaimbaretto G.,(1987) « Quels outils méthodologiques pour l'étude du système d'information hospitalier, » Mémoire de fin d'assistanat, ENSP Rennes.
- [CHARTE 1998] Charte de la santé (1998)- Assises Nationales de la santé – Ministère de la santé –Ministère de la santé et de la population.
- [CLAVERAN 2004] Claveranne J.P, Pascal, C .,(2004) « Repenser les processus à l'hôpital : une méthode au service de la performance, » Paris : Medica, éditions.
- [CHRISMENT 1996] Chrisment C.,(1996) « Mise en œuvre des bases de données, principes méthodologiques , » Paris, Dunod.
- [CLANCEY 1984] Clancey WJ, Shortliffe EH.,(1984) « Readings in Medical Langage » : The first decade. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.

- [COLLETTE 2002] Collette Y and P. Siarry,. (2002) «Optimisation multi-objectif» Eyrolles.
- [COURBON 1993] Courbon.J-C.,(1993) « Système d'information : Structuration, modélisation et communication », Paris, Interditions.
- [COURBON 1997] Courbon.J-C.,(1997) « Structuration , modélisation et communication »,Editions Dunod.
- [DAHAN 2002] Dahan O., Toth P.,(2002) « Delphi 7» Editions Eyrolles.
- [DANTZIG 1959] Dantzig(1959), G.B., On a Linear Programming Combinatorial Approach to the Traveling Salesman Problem, Operations Research Vol7 pp 58-66.
- [JO n°81] Journal officiel n° 81-242 du 5 Septembre 1984.
- [JO n° 97] Journal officiel n° 97 journal officiel du 10 Décembre 1997.
- [JO n°98] Journal officiel n° 98/467 du 02/12/98, article 18, Ministère de la santé et population.
- [DEGOULET 1991] Degoulet P, Fieschi M.(1991) « traitement de l'information médicale: méthodes et applications hospitalières » Paris : Masson.
- [DEGOULET 1997] Degoulet P., Fieschi M(1997) «Systèmes d'information hospitalier » , Informatique et santé , vol.9, 1997, p .149-157.
- [DEGOULET 1998] Degoulet P., Fieschi Informatique médicale (Abrégés) Editions Lavoisier,1998.
- [DEGOULET 2000] Degoulet P.,(2000) « L'informatique au service du patient » Editions Lavoisier
- [DEGOULET 1991] Degoulet P., Fieschi M.,(1991) « Traitement de l'information médicale : Méthodes et applications hospitalière »
- [DEGOULET 2001] Degoulet P, Henaut A,Corvol P,(2001) « Nouvelles méthodes de traitement d'information médical et santé, » volumes : Editions Springer-Verlag dekleer.
- [DEGOULET 1997] Degoulet P, Fieschi M.(1997) Systèmes d'information hospitalier , Informatique et santé , vol.9, p .149-157.

- [DEGOULET 2003] Degoulet P, Marin L, Kleinebreil L, Alibes B, « Présent et avenir des systèmes d'information et de communication hospitaliers » Edition Springer, 2003
- [DEGOULET 1999] Degoulet P., M.Fieschi, (1999) «Introduction to clinical informatics, » Computers in health care , Edition Springer.
- [DOCUMENT 2001] Développement du système National de santé(2001) : « Stratégie et perspectives. » Document Ministère de la santé et de la population.
- [DIONISI 1998] Dionisi D., (1998) L'essentiel sur Merise, Editions Eyrolles.
- [DORENFEST 1993] Dorenfest S.(1993) « La situation des systèmes d'information hospitaliers aux Etats Unis – Technologie et santé »Paris : CNEH
- [DURU 2001] Duru, G., Beresniak, A.,(2001) « Economie de la santé », Paris : Masson.
- [FIESCHI 1986] Fieschi M.,(1986) « Intelligence Artificielle en Médecine »: des systèmes experts. Paris: Masson.
- [FIESCHI 1998] Fieschi M., P.Degoulet ., (1998) « Informatique médicale, » Edition masson.
- [FIESCHI 2000] Fieschi M.,O.Bouhaddou, R.Beuscart, R. Baud.(2000) «L'informatique au service du patient, » Edition Springer.
- [FOWLER 2001] Fowler M., K. SCOTT,(2001) UML, Campus Press.
- [FUCHS 1972] Fuchs, V.,(1972) : «The contribution of health Services to the American Economy » in : Essays in the Economics of Health and medical care, New york.
- [GALACSI 1986] Galacsi(1986) « Les systèmes d'information : Analyse et Conception, » Dunod.
- [GARDARIN 1985] Gardarin G., Valduriez P.,(2003) « Les systèmes de gestion de base de données » Edition Eyrolles.
- [GARDARIN 2003] Gardarin G.,(2003) Data bases, Eyrolles.

- [GUPTA 1992] Gupta R., Malhotra R., (1992), Multi-Criteria Integer Linear Programming Problem, Cahiers du CERO Vol 34 pp.51-68.
- [COURBON 1997] Courbon.J-C.,(1997) « Structuration , modélisation et communication »,Editions Dunod.
- [COURBON 1993] Courbon.J-C.,(1993) « Système d'information : Structuration, modélisation et communication », Paris, Interditions.
- [GUIDE 2002] Guide developer DELPHI 7.,(2002) Borland;
- [GREMY 97] Grémy.F, (1997) « Informatique Médicale, » Paris, Flammarion.
- [HANNAN 1979] Hannan E.L., Using duality Theory for Identification of Primal Efficient Points and for Sensitivity Analysis of Multi-Objective Linear Programming, Journal of Operational Research 30, 3 (1979) 288-289.
- [HARMEL 2004] Harmel A.,Hadjromdhane R., Fieschi M.,(2004) « Technologie de l'information et de la communication par les pratiques médicales, » Editions Springer.
- [HEMIDY 1996] Hémidy L.,(1996) « l'informatisation des hôpitaux et ses enjeux », Revue Française de Gestion, n°109, Juin-Juillet-Août, pp 125-136.
- [HOLTZMAN 1989] Holtzman,S (1989) « In Intelligent Decision System Reading» Massachussets : Addison-Wesley.
- [JAMBU 1999] Jambu M.,(1999) « Méthodes de base de l'analyse des données » Eyrolles 1999.
- [JARDIN 2002] Jardin E.,(2002) « Quand les organisations communiquent, » Sciences humaines, hors séries, n°36.
- [KABANE 1999] Kabane F,Bonnenfant. Cancérologie générale, nouvelle mise à jour.
- [KADDAR 1986] Kaddar , M., (1986) « Financement et dynamique du système de soins » Projet de problématique, Thèse de Doctorat d'Etat.
- [KADDAR 1991] Kaddar, M.,(1991) « la santé dans le Teirs-Monde » Analyse économique et financière de base, Genève OMS-DAP.

- [KERBOUA 2003a] Kerboua –Baraka E., K.Bouzid,(2003) « le cancer du cavum » Revue Médico Pharmaceutique, vol 9 N° pp23-30.
- [KERBOUA 2003b] Kerboua Y, L.Kerbache, O. Belmokhtar, K.Bouzid,(2003) « Elaboration et mise en œuvre d'un système d'information hospitalier pour le service d'oncologie médicale du CPMC d'Alger, »Revue Santé et systémique , vol7 N°3-4, 2003 .
- [KERBOUA 2006] Kerboua-Ziari Y.,Belmokhtar O.,Kerbache.Let Baraka.E(2006). « Conception d'un système d'aide multicritère à la décision pour l'aide au diagnostic médical , » Revue santé et systémique, vol 9 N° 1-2 pp147-155.
- [KERBOUA 2006a] Kerboua-Ziari Y.,Belmokhtar O.,Kerbache.Let Kerboua Baraka.E(2006). « Conception d'un système d'aide à la décision thérapeutique : application pour le cancer du cavum, » Journal d'économie médicale, vol 24 N° 6 pp 323-329.
- [KERBOUA 2006b] Kerboua-Ziari Y, Benzaoui A, Belmokhtar O et Kerbache L(ICSSSM'06) IEEE.
- [KETTANI 2001] Kettani N, D. Mignet, P. Paré, C. ,« De Merise à UML », Eyrolles, 2001 ;
- [KERSTEN 1990] Kersten G.E.andG.RMallory (1990). « Supporting Problem Representation in Decisions with Strategic Interactions, »European Journal of Operational Research,vol 46,pp.200-215.
- [KLEIN 1982] Klein D., Hannan E., (1982). An Algorithm for Multiple Objective Integer Linear Programming Problem, European Journal of Operational Research Vol 9 pp378-385.
- [LAGACHE 1988] Lagache A.,(1988) « Echos du sensible, » Atelier Alpha Bleue Publisher, Paris 1988.
- [LAMRI 1986] Lamri.L.,(1986) « Le système de santé Algérien , organisation , fonctionnement et tendance » CREAD mémoire de magister Alger.
- [LEMOIGNE 1977] Lemoigne J.L,(1977) « La théorie du système général, » Paris : presse universitaire de France.
- [LEMOIGNE 1990] Lemoigne.,J.L(1990) « La modélisation des systèmes complexes, » Dunod.

- [LANDRY 1998] Landry M.,(1998) « L'aide à la décision comme support à la construction du sens dans l'organisation » Systèmes d'information et management,vol3,1,5-39 1998.
- [LEVY 1995] Levy E, Bungeber M, Duménil G, Fagnani,(1995) « Economie du système de santé », Ed, Dunod, Paris.
- [LEVINE 1989] Levine, P., J.Pomerol ,(1989) « Systèmes Interactifs d'aide à la décision et systèmes expert, » Editions Hermes, coll. Traité des nouvelles technologies ISBN.
- [MARCINIAK 1997] Marciniak R., Rowe F.,(1997) « Systèmes d'information, dynamique et organisation, » PIQ Poche Economica .
- [MARCOTTE 1986] Marcotte O., Soland R.M., (1986) An Interactive Branch-and-Bound Algorithm for Multiple Criteria Optimization, Management Science Vol 321 pp 1231-1240.
- [MOISDON 1999] Moisdon J.C., Tonneau D., (1999) « La démarche gestionnaire à l'hôpital »Editions Seli Arslan.
- [MELESE 1984] Melese J., (1984) « Analyse modulaire des systèmes, » Les Éditions d'Organisation.
- [MESLEM 2005] Meslem L.,(2005) « Pour un Système d'Information national et global, » Guide de la médecine et de la santé en Algérie.
- [MULLER 1997] Muller P.A,(1997) « Modélisation objet avec UML », Eyrolles, 1997
- [MORTON 1971] Morton M.S.,(1971) « Management Decision Systems. Computer Based Supports for Decision Making, » Boston Harvard University.
- [MSRH 2000] Ministère de la santé Réforme hospitalière présentation, lois et décrets.
- [MSRH 1997] Ministère de la santé, lois et décrets.
- [MINTZBERG 1991] Mintzberg, H.,(1991) « Structure et dynamique des organisations, » Editions d'organisations, Paris.
- [OLLE 1990] Olle J.,(1990) « Méthodologie pour les systèmes d'information, » AFECT-IFIP, Paris : Dunod.
- [OUCHTATI 2004a] Ouchtati M., (2004) « La réforme hospitalière, » Sotrimp, Université de constantine .

- [OUCHTATI 2004b] Ouchtati M.,(2004) « Qualité des soins : Méthodes et outils » Sotrimp Constantine.
- [OUFRIHA 1992] Oufriha F.Z., « Cette chère santé : Une analyse économique du système de soins en Algérie », Office des publications universitaires, Alger.
- [OTHMANI 1998] Othmani I. (1998) « Optimisationh Multicritère : Fondements et Concepts, » Thèse de doctorat, Université Grenoble1.
- [OXFORD 1978] Oxford (1978) « Community Health Project.OXMIS Problems Codes for Primary Care, » Oxford : OXMIS Publications.
- [PALIER 2004] Palier,n B., (2004)«La réforme des systèmes de santé » Paris : PUF, (Que sais-je).
- [PELLETIER ,1999] Pelletier, C.(1999) « Application des techniques d'aide à la décision à la planification sanitaire régionale » Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier-Grenoble.
- [POMEROL 1992a] Pomerol J.C.(1992). «Autour du concept de décision assistée par ordinateur, » Revue des Systèmes de Décision, Vol.1,N°.1,pp.11-13.
- [POMEROL 1992b] Pomerol J.C.(1992). «Aide à la Décision et IA, » l'Intelligence Artificielle une Discipline et un Carrefour Interdisciplinaire, AFIA-92,pp.147-149.
- [POMEROL 1995] Pomerol J.C.(1995). «The role of the Decision Maker in DSSsand Representantion Levels, »Proceedings of the 28th Annual Hawaii International Conférence on System Sciences,pp.42-51.
- [POMEROL 1995] Pomerol J.C.(1997). « Artyificial Intelligence and Human Decision Making, » Livre blanc sur le système de santé.
- [POMEROL 2002] Pomerol, J. and Baba-Romero,S. (2000) « Multicriterion Decision Making in Management, » Séries in Operation research, Kluwer Academic, Dordrecht.
- [PRYOR 1987] [Pry 1987] Pryor , TA, Clayton PD, Haug PJ, Wigertz O.,(1987) « Design of a knowlodge driven HIS.In, » proceedings 11th SCAM 87, washinton : IEEE, 1987; pp.60-3
- [RAP03] Rapport Préliminaire du Conseil National de la réforme hospitalière (2003).

- [RIOU 1993] Riou C., Lebeux P., Lenoir P., Leclet D. (1993) «Models for medical knowledge representation and medical reasoning in a CAI system, In proceedings of the conference, Artificial Intelligence in Medicine, S. Andreassen et al., Eds., IOS Press, 1993; 440-444.
- [REIX 2004] Reix, R., (2004) « Système d'information et management des organisations », 5^{ème} Edition Vuibert.
- [ROY 1996a] Roy B., (1996) « Méthodologie multicritère d'aide à la décision, » Economica, Paris Dordrecht.
- [ROY 1996b] Roy, B., (1996) « Bouyoussou D., Aide multicritère à la décision : méthodes et cas, » Paris Economica.
- [ROY 1996c] Roy B., (1996) « Multicriteria methodology for decision aiding » Kluwer Academic.
- [RUMBAUGH 1992] Rumbaugh J, Blaha M., (1992) «Object-oriented modeling and design,» Prentice-Hall.
- [SAMPIERI 2000] Sampieri N., (2000) « Contribution à l'analyse de la logistique hospitalière : proposition d'une typologie des pratiques logistiques des hôpitaux Français , » Aix Marseille II.
- [SHERRE 1990] Scherre JR, Baud R, Hochstrasser D, Ratib O., (1990) « An integrated hospital information system , » Medical Computing.
- [SIMON 1955] Simon, H (1955) 1955, «A behavioural model of rational choice, quarterly of economic» 69,99-118.
- [SIMON 1960] Simon H-A, (1960) « The New Science of Management Decision, » Harper & Row.
- [SIMON 1977] Simon, H.A. (1977) «The new science of management decision, » Prentise Hall, New Jersey.
- [SNOMED 1986] Snomed (1986) : Systematized Nomenclature of Medicine College of American Pathologists.
- [SNOMECD 1993] Snomed (1993) : Systematized Nomenclature of Medicine (College of American Pathologists).

- [SOUTOU 1977] Soutou,C(2002) «UML with SQL: Design of data bases, » Eyrolles.
- [SOLAND 1979] Soland R.M, Multicriteria Optimization : A General Characterization of Efficient Solutions, Decision Science 10, 1 (1979), 26-38.
- [STEUER 1983] Steuer R., Choo E.U(1983) «An Interactive Method Weight for Multiple Objective Programming»Mathematical Programming pp 326-344
- [SYLVA 2004] Sylva J., Crema A., (2004). A Method for Finding the Set of Non-dominated Vectors for Multiple Objective Integer Linear Programs, European Journal of Operational Reserach, 158(1) ; pp 46-55.
- [SWERTZ 1974] Swertz,P.,(1974) « Eléments de sociologie hospitalière, Ed. le Centurion, Clamecy,».
- [TARDIEU 2000] Tardieu H., Rochefeld A., Colletti.,(2000) «Merise principes et outils, » Edition d'organisation.
- [TEGHEM 2003] Teghem J., (2003). Programmation Linéaire, Editions de l'Université de Bruxelles SMA deuxième édition
- [TEGHEM 1986a] Teghem J., and Kunsch P.,(1986) « Interactive Methods for Multi-objective Integer Linear Programming, » In Fandel G. et al Editions , LNMS 273 , Sringer-Verlag , pp 75-87.
- [TEGHEM 1986b] Teghem J., and Kunsch P.,(1986) « A Survey of techniques to determine the Efficient Solutions to Multi-Objective Linear Programming, » Assia Pacific Journal of Operations Research vol 3 pp 95-108.
- [TEGHEM 1990] Teghem J., STRANGE(1990). An Interactive Method for Multiobjective Stochastic Linear Programming, and STRANGE-MOMIX : its extension to integer variables,in Stochastic Versus Fuzzy Approaches to Multiobjective Mathematical Programming Under Uncertainty, Slowinski R. & Teghem J. (Eds), Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp 103-115.
- [TNM 1997] TNM (1997) « Atlas illustrated guide TNM/pTNM classification of Malignian tumors» 4th Ed Springer-Verlag.
- [TOURRELLES2004] Tourrelles J-M,(2004) « Système d'information hospitalier, » Edition Ecole Nationale de Santé Publique 2004.

- [TURBAN 1993] Turban, E. (1993) « In Decision Support and Expert Systems. » New York, Macmillen, 1993.
- [ULUNGU 1993] Ulungu E.L., (1993). Optimisation combinatoire multicritère : Détermination de l'Ensemble des Solutions Efficaces et Méthodes Interactives, thèse de doctorat, université de Mons-Hainaut.
- [VAN DE VEL 1989] Van De Velder R., Degoulet P.,(2003) « Clinical information systems : a component-based approach , » Editions Lavoisier.
- [VINCKE 1989] Vincke, Ph., (1989) « l'aide Multicritère à la décision, » Editions de l'université de Bruxelles.
- [WADE 2003] Wade E.,(2003) « Le contrôle de gestion et la réforme hospitalière : cas du sénégal , » Revue Africaine de gestion N°1
- [WHO 1992] WHO (1992) OMS. Classification internationale des maladies. Neuvième révision Genève : Organisation Mondiale de la santé.
- [WONG 1973] Wong A.k.C. and T.Au (1973). « Regional Planning of Health Care Facilities , » IEEE Transaction on Systems, Vol .SMC-3, N°.5,pp.485-496.

Liste des figures

Figure 1.1 : Dépenses de santé en fonction du PIB.....	10
Figure 1.2 : Répartition du personnel.....	13
Figure 1.3 : Répartition du système de santé Algérien.....	14
Figure 2.1 : Système.....	28
Figure 2.2 : Organisation	29
Figure 2.3 : le modèle OID	30
Figure 2.4 : Système d'après J.L. LEMOIGNE	31
Figure 2.5 : Classification des décisions selon leur importance	32
Figure 3.1 : La structure hospitalière	45
Figure 3.2 : Le dossier du patient.....	46
Figure 3.3 : Architecture SIH en étoile.....	50
Figure 3.4 : Architecture SIH distribuée	53
Figure 3.5 : Exemple de fonctions de type serveur.....	53
Figure 4.1 : Diagramme d'activité et de donnée.....	63
Figure 4.2 : Actigramme d'une consultation médicale.....	64
Figure 4.3 : Diagramme de flux de données	65
Figure 4.4 : Etapes de l'analyse structurée.....	66
Figure 4.5 : Diagramme entités-associations	68
Figure 4.6 : Association de type ternaire	69
Figure 4.7 : Attribut d'une entité.....	69
Figure 4.8 : Attribut d'une entité.....	70
Figure 4.9 : Entités et associations dans un modèle conceptuel de type MERISE	72
Figure 4.10 : Exemple de schéma conceptuel selon la méthode NIAM	74
Figure 4.11.a: Diagrammes de modélisation par UML	82
Figure 4.11.b: Diagrammes de modélisation par UML.....	82
Figure 4.11.c: Diagrammes de modélisation par UML	83
Figure 5.1 : Les unités du Service d'Oncologie médicale	87
Figure 5.2 : Types de rubriques	91
Figure 5.3 : Flux externes.....	92
Figure 5.4 : Flux internes	93
Figure 5.5 : Les nouveaux flux	102
Figure 5.6 : Séquence système 1	106
Figure 5.7 : Séquence système 2	107
Figure 5.8 : Séquence Métier 3.....	108
Figure 5.9 : Cas d'utilisation Métier	111
Figure 5.10 : Diagramme séquence1	114
Figure 5.11 : Diagramme séquence2.....	115
Figure 5.12 : Diagramme séquence 3.....	116
Figure 5.13 : Diagramme séquence 4.....	117
Figure 5.14 : Diagrammes des classes	120
Figure 5.15 : Modèle physique des données.....	123

Figure 6.1 : Exemple d'arbre de décision	127
Figure 6.2 : Solutions efficaces non supportées	136
Figure 7.1 : Principe des SIAD.....	154
Figure 7.2 : Localisation du Cavum.....	156
Figure 7.3: Domaine des solutions réalisables	164
Figure 7.4: Diagramme des composants de l'IU	174

Liste des tableaux

Tableau 3.1 : Exemples de niveaux d'analyse du système d'information	48
Tableau 3.2 : Historique de la Classification Internationale des Maladies	55
Tableau 3.3 : Chapitres de la Classification Internationale des Maladies	56
Tableau 4.1 : Formalisme des relations entre les types d'objets	75
Tableau 5.1 : Etude des documents	91
Tableau 5.2: Spécification des flux	94
Tableau 5.3 : Description des nouveaux flux	103
Tableau 7.1 : Mesure d'importance de chacun des critères	161
Tableau 7.2 : Données pour trois protocoles	162

ANNEXES

Annexe A : Description des flux

Nom	: Flux_1
Libellé	: Arrivée des malades
Emetteur	: Malades
Récepteur	: Réception
Nom	: Flux2
Libellé	: Livraison des fournitures (médicaments et outils médicaux)
Emetteur	: Pharmacie centrale
Récepteur	: Service d'oncologie médicale
Nom	: Flux_3
Libellé	: Orientation des malades qui ont un RDV d'hospitalisation
Emetteur	: Réception
Récepteur	: surveillance
Nom	: Flux_4
Libellé	: Orientation des patients qui viennent pour consultation
Emetteur	: Réception
Récepteur	: Consultation
Nom	: Flux_5
Libellé	: Nouveaux dossiers pour archivages
Emetteur	: Service Secrétariat
Récepteur	: Archives
Nom	: Flux_6
Libellé	: Préparation des dossiers un jour avant la consultation
Emetteur	: Archives
Récepteur	: Consultation
Nom	: Flux_7
Libellé	: Mise à jour des dossiers et leurs restitutions
Emetteur	: Consultation
Récepteur	: Archives
Nom	: Flux_8
Libellé	: Préparation des dossiers un jour avant le jour de l'hospitalisation
Emetteur	: Archives
Récepteur	: Hospitalisation

Nom	: Flux_9
Libellé	: Mise à jour des dossiers et leurs restitutions
Emetteur	: Hospitalisation
Récepteur	: Archives
Nom	: Flux_10
Libellé	: Collecte des informations sur les patients
Emetteur	: Professeur et le M Assistants
Récepteur	: Consultation
Nom	: Flux_11
Libellé	: Collecte des informations concernant les patients
Emetteur	: Professeur et les M Assistants
Récepteur	: Hospitalisation
Nom	: Flux_12
Libellé	: Prescription des protocoles de traitement
Emetteur	: Professeur et les M Assistants
Récepteur	: paramédicale
Nom	: Flux_13
Libellé	: Demande de réapprovisionnement en matériel et fourniture
Emetteur	: Service d'oncologie médicale
Récepteur	: Economat
Nom	: Flux_14
Libellé	: Envoie du dossier d'assurance des patients après une hospitalisation
Emetteur	: Service d'oncologie médicale
Récepteur	: Pharmacie centrale
Nom	: Flux_15
Libellé	: Approvisionnement en matériel et fourniture
Emetteur	: Economat
Récepteur	: Service d'oncologie médicale
Nom	: Flux_16
Libellé	: Envoie des patients du service nécessitant un traitement ORL
Emetteur	: Service d'oncologie médicale
Récepteur	: ORL
Nom	: Flux_17
Libellé	: Envoie des patients nécessitant une intervention chirurgicale
Emetteur	: Service d'oncologie médicale
Récepteur	: Service chirurgie Homme et Femme
Nom	: Flux_18
Libellé	: Réception du compte rendu d'examens
Emetteur	: Service
Récepteur	: Service endocrinologie

Nom	: Flux_19
Libellé	: Demande d'examen scintigraphique
Emetteur	: Service d'endocrinologie
Récepteur	: Service d'oncologie médicale
Nom	: Flux_20
Libellé	: Demande de réapprovisionnement
Emetteur	: Pharmacie du service
Récepteur	: pharmacie centrale
Nom	: Flux_21
Libellé	: Demande de création de dossier
Emetteur	: Professeur et M Assistant
Récepteur	: Service Secrétariat
Nom	: Flux_22
Libellé	: Collecte d'information
Emetteur	: Bureau du professeur
Récepteur	: Consultation
Nom	: Flux_23
Libellé	: Enseignement et sujet de recherche
Emetteur	: Bureau de professeur
Récepteur	: Résidents
Nom	: Flux_24
Libellé	: Enseignement
Emetteur	: Professeur et les M Assistants
Récepteur	: Résidents

Nouveaux flux

Liste des flux du nouveau système projeté :	
Nom	: Flux_22
Libellé	: Mise à jour des informations
Emetteur	: Bureau informatique
Récepteur	: Base de données
Description : Mise à jour des informations concernant les patients dans la base de données du système.	
Nom	: Flux_23
Libellé	: Dossiers pour archivage
Emetteur	: Bureau informatique
Récepteur	: Archive

Description :

Lorsque le bureau informatique termine la mise à jour des dossiers des patients dans la BD du système, il transmet ces dossiers à l'archiviste.

Nom	: Flux_25
Libellé	: Transmission des documents externes pour validation ainsi que les rapports d'activité.
Emetteur	: Bureau informatique
Récepteur	: Bureau du professeur

Nom	: Flux_8
Libellé	: Préparation des dossiers un jour avant l'hospitalisation
Emetteur	: Archives
Récepteur	: HOSPITALISATION

Description :

Préparation des dossiers malades une semaine avant leur hospitalisation.

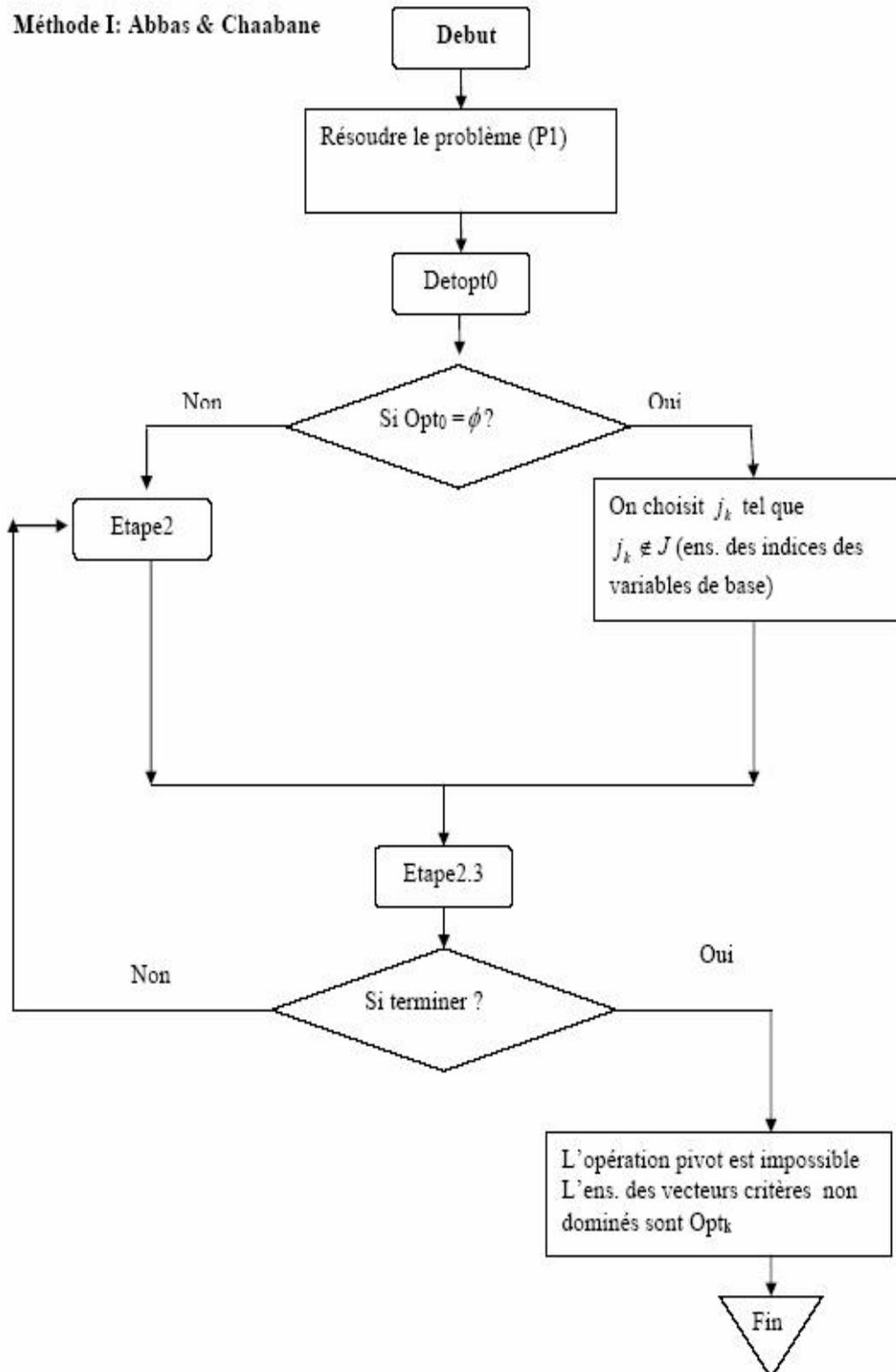
Nom	: Flux_9
Libellé	: Remise des dossiers pour la mise à jour de la base de Données (BD)
Emetteur	: HOSPITALISATION
Récepteur	: Bureau informatique

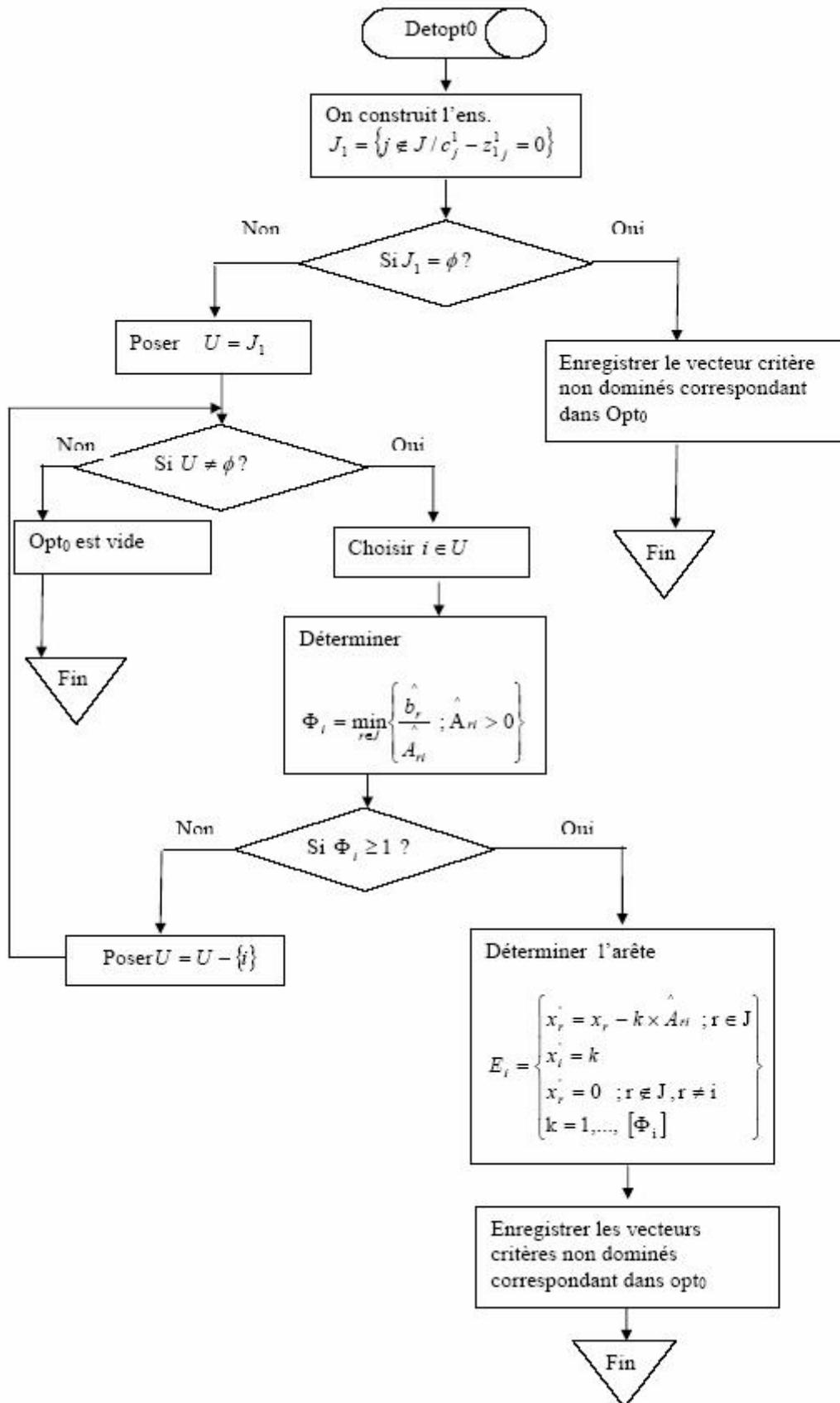
Description :

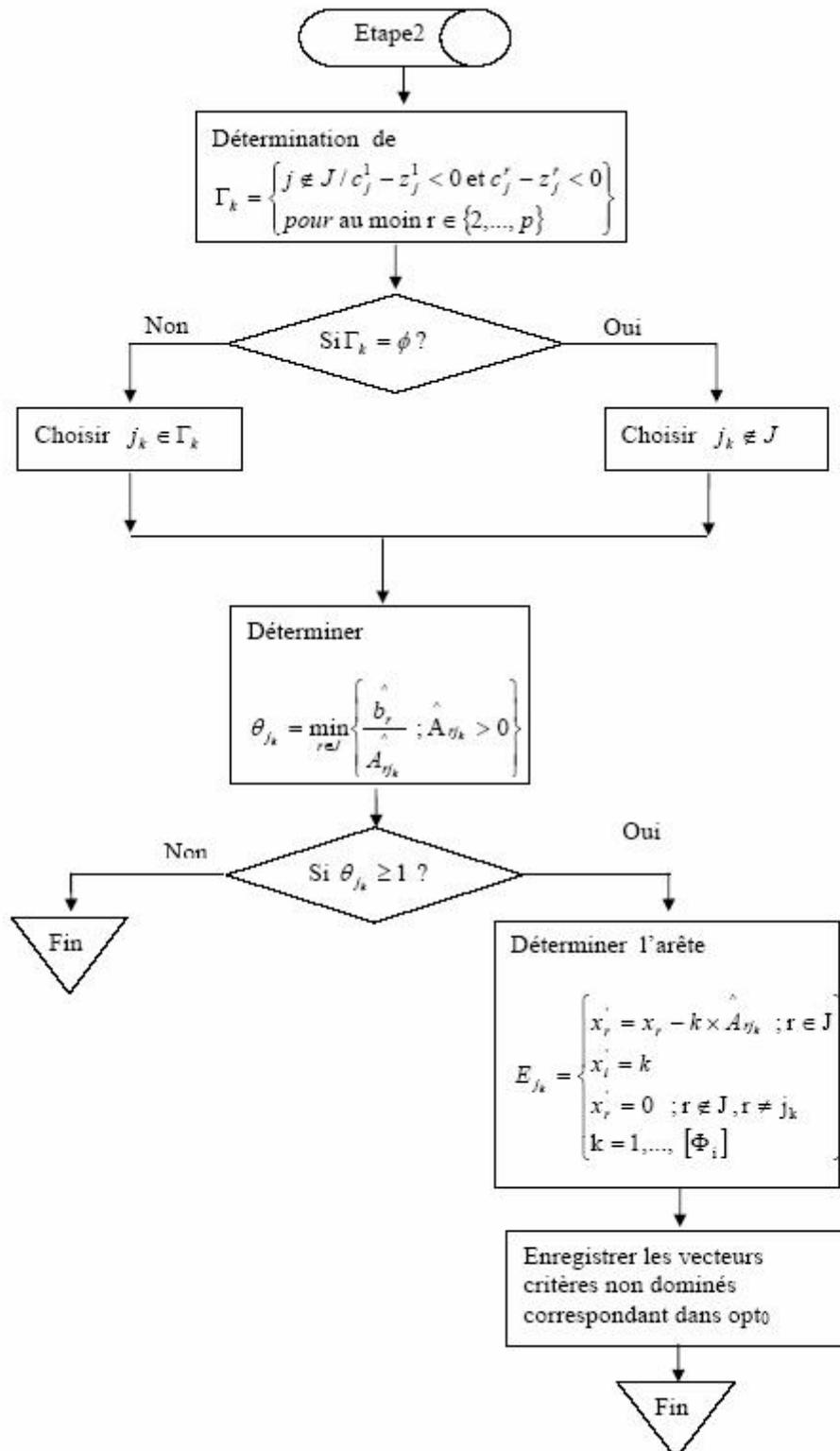
Après la fin de l'hospitalisation les dossiers doivent être remis au bureau informatique pour la mise à jour des informations concernant les patients et leurs dossiers.

Annexe B : Méthodes

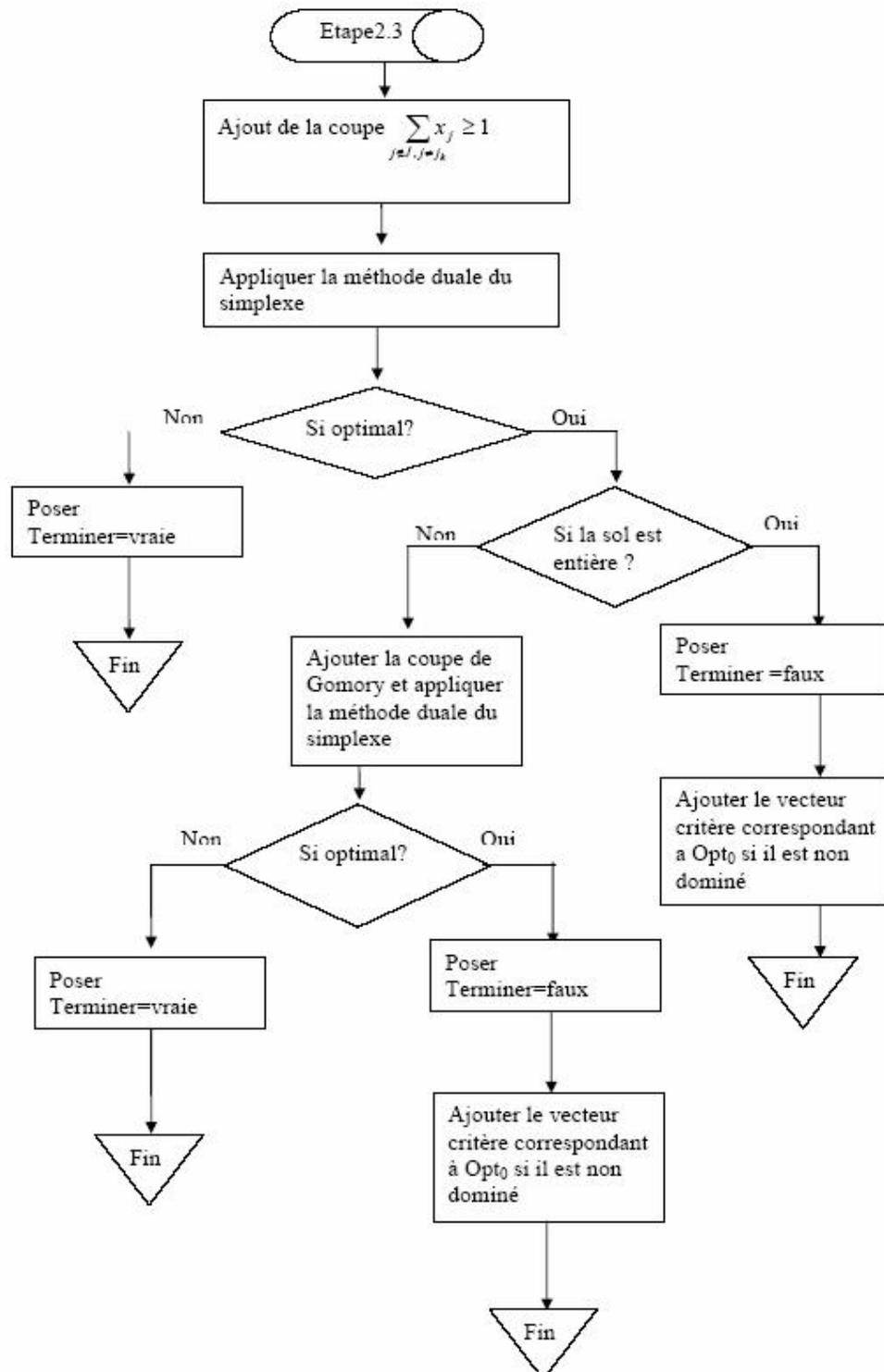
Méthode I: Abbas & Chaabane



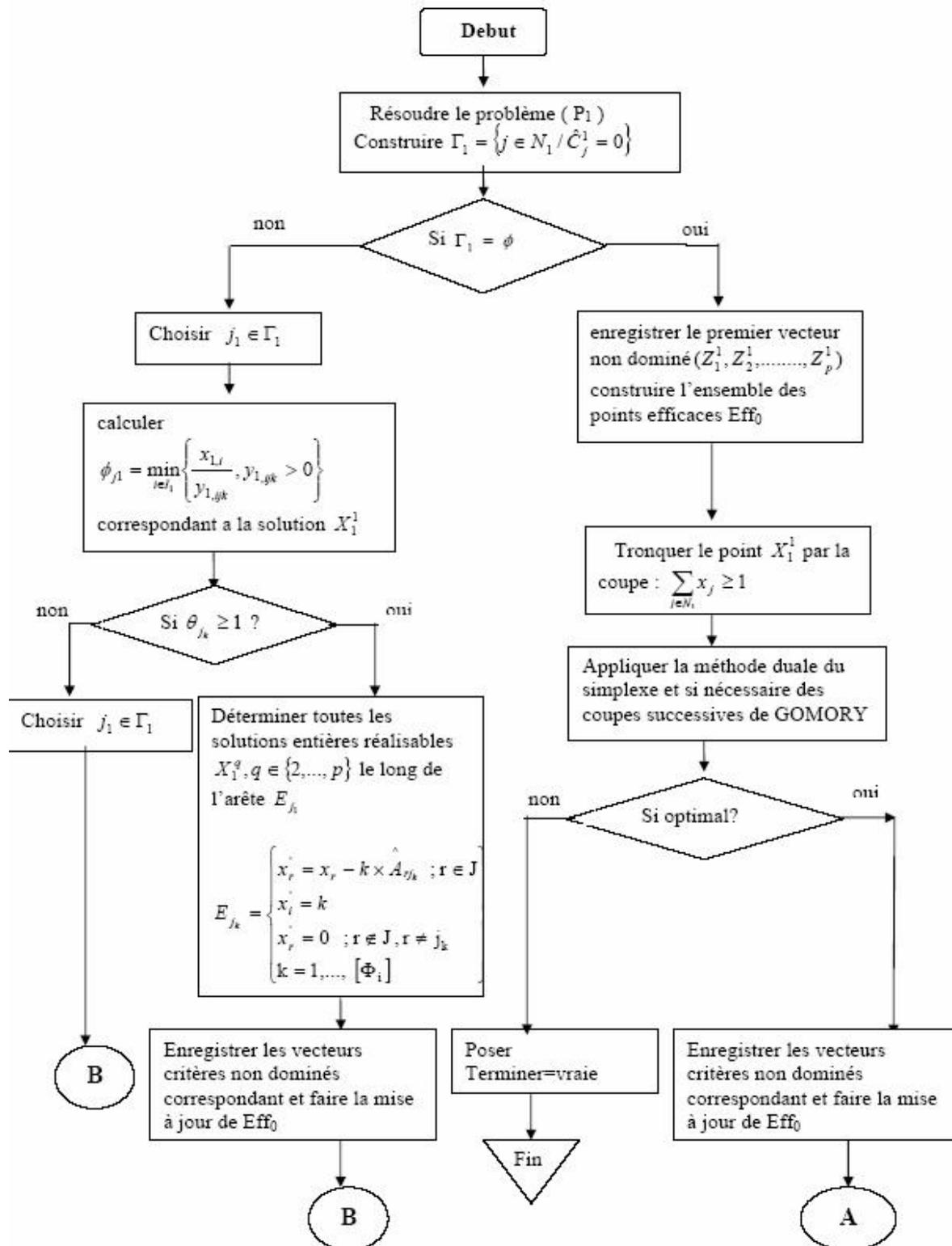


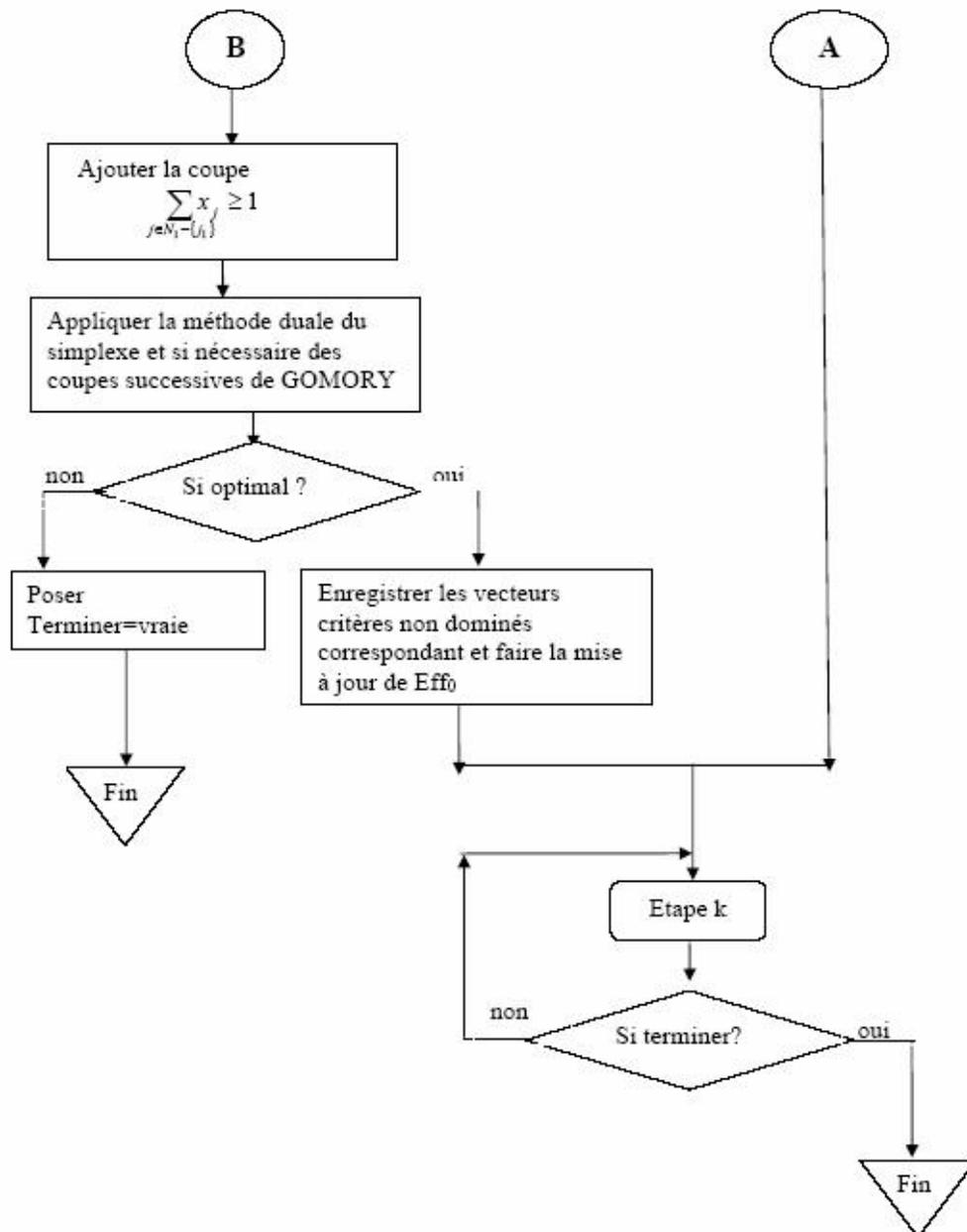


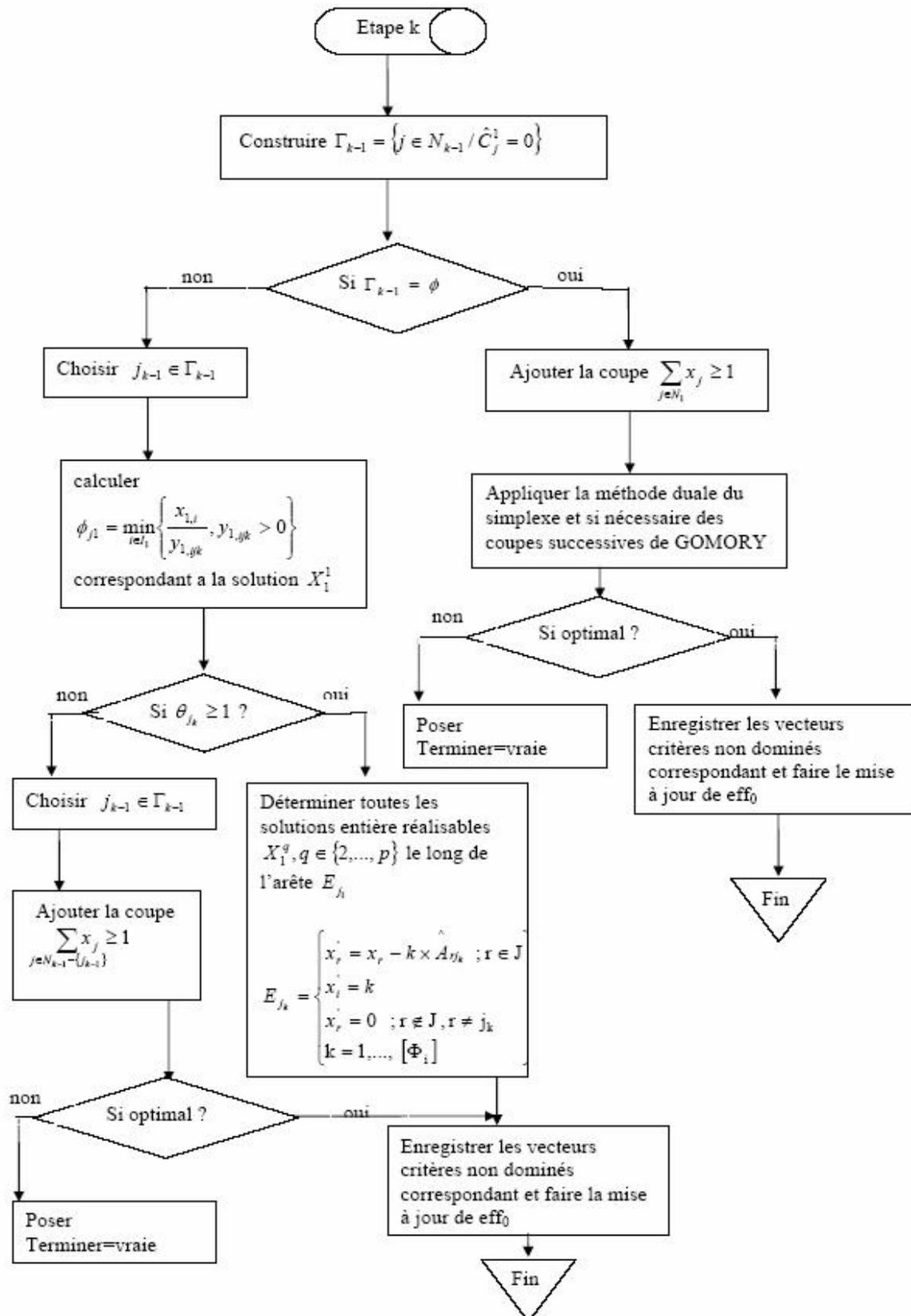
Tableau



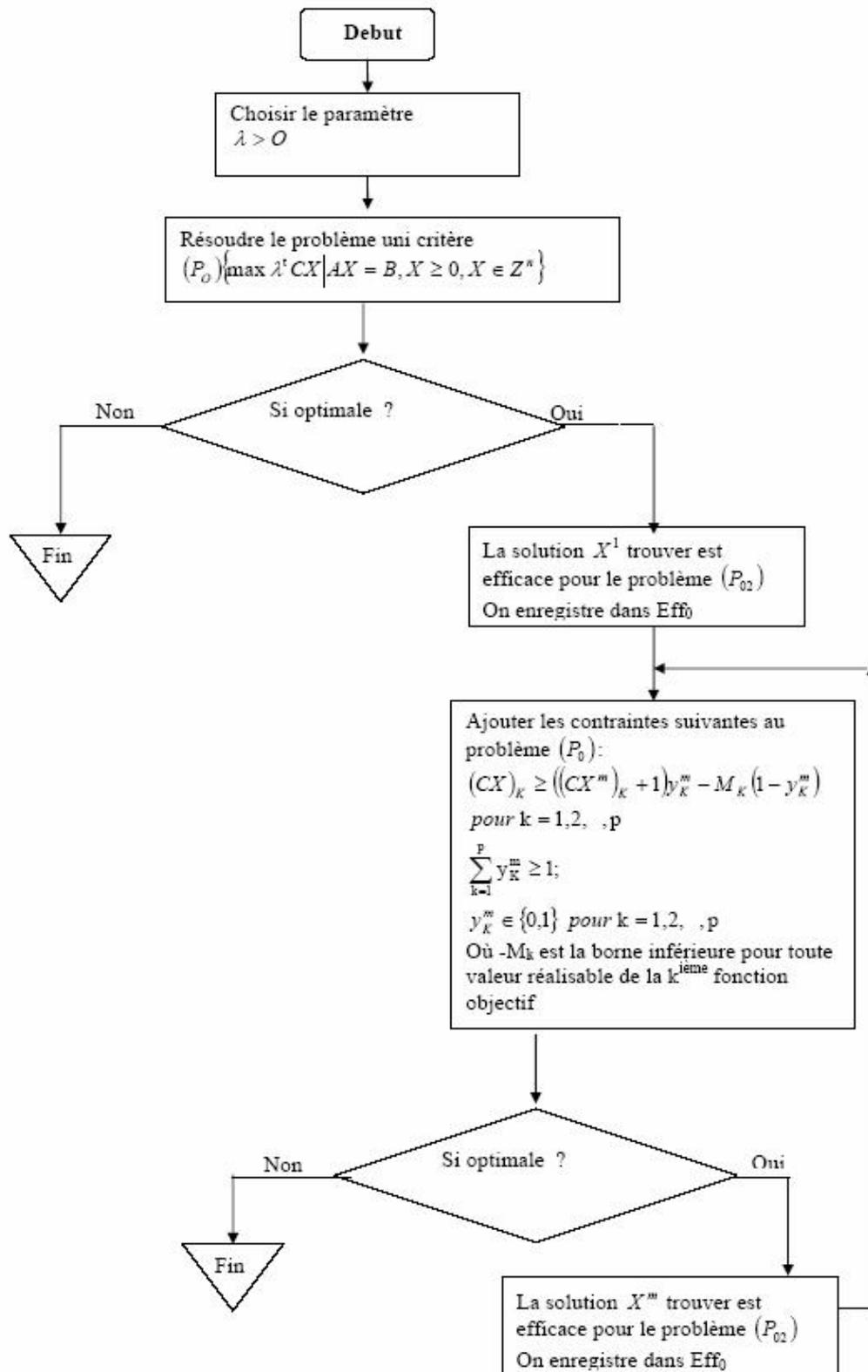
Méthode II: Abbas Moulai







Méthode III: Sylva & Crema



ملخص:

إن داء السرطان يمثل إحدى الأسباب الأساسية للوفاة في الجزائر، وكما يشكل من الناحية الاقتصادية نزيفاً مالياً، بسبب ارتفاع التكلفة العلاجية. فالغرض الأساسي من هذا العمل يتمثل في إنشاء نظام معلوماتي استشفائي مرفق بنظام ديناميكي آخر للمساعدة في اتخاذ القرار المناسب للعلاج بمصلحة أمراض السرطان في مركز بيار ماري كوري بالجزائر.

حققنا هذا التطبيق باستعمال نظام تحليلي في تسيير أسس للمعلومات، مهيكلاً حول علبة إعلامية ثابتة. من جهة، يسمح برمجة ملفات المرضى كما أنه من جهة أخرى يوفر يد المساعدة في اتخاذ القرار العلاجي المناسب لاختيار قواعد في إطار المعالجة بالمواد الكيميائية، و لكل أنواع السرطان نستعمل لهد توسيعاً متعدد العيار إذ هو الشيء الذي يميز هد النظام.

- تحكّم في أحسن تسيير لملفات المرضى.

- الحصول على إحصاءات لنشاطات المصلحة و التحسين في نوعيتها

- إثراء البحث العلمي و قياس الاحتمالات الصحية للسكان

- تكوين فرقة طبية على أسس للمعلومات و استعمال وسيلة الإعلام الآلي

مفتاح الكلمات: أنظمة المعلومات الإستشفائية- علم الأورام – مساعدة أخذ القرار الإستشفائي – النظام الصحي UML,Merise.

Résumé :

Le cancer constitue l'une des causes de mortalité la plus importante en Algérie et du point de vue économique il génère une hémorragie financière, en raison du coût du traitement. L'objet de ce travail est la conception d'un système d'information hospitalier couplé d'un système interactif d'aide à la décision pour le service d'oncologie médicale du Centre Pierre et Marie Curie d'Alger.

L'application a été réalisée en utilisant un système d'analyse de gestion de base de données, structuré autour du fichier patient en combinant un modèle objet-relationnel (UML, Merise).

D'une part, ce système permet l'informatisation des dossiers des malades et d'autre part, il fournit une aide à la décision thérapeutique pour le choix des protocoles dans le cadre de la chimiothérapie pour tous types de cancer.

L'approche utilisée pour la mise au point du système interactif d'aide à la décision fait appel à l'optimisation multicritère.

Le système développé a permis de :

- Disposer d'une meilleure gestion des dossiers médicaux ;
- D'avoir des statistiques sur l'activité du service et d'améliorer sa qualité ;
- D'initier l'équipe médicale aux bases de données et à l'utilisation de l'outil informatique.

Mots-clés : Systèmes d'information hospitalier, cancérologie, aide à la décision médicale, système de santé, UML, Merise

Abstract :

Cancer represents one of the most important causes of mortality in Algeria, as it constitutes in term of information processing management, a heavy financial burden on the operating budgets of hospital facilities.

The main objective of this study is the design and implementation of a hospital information system with a decision support system for therapy management in an oncology clinic.

The application was carried out by using a system of analysis of data base management, structured around the patient file by combining an object-relational model (UML, Merise). On the one hand, it allows the computerization of the files of the patients and on the other hand, it provides a decision-making aid therapeutic for the choice of the protocols within the framework of the chemotherapy for types of cancer. The approach used for the development of the interactive system of decision-making aid calls upon multicriteria optimization.

The developed system allowed:

- To have a better management of the medical files;
- To have statistics on the activity of the service and it improve its quality;
- To initiate the medical team at the data bases and the use of the data-processing tool.

Key-words: , Hospital information system ,clinical oncology, decision making tool, health system, UML,Merise.