



Projet de fin d'études

Master en Génie Industriel

Intitulé :

Ordonnancement et planification de bloc opératoire avec l'intégration d'un système d'information

Cas d'étude : La chirurgie B CHU Tlemcen

Soutenu le : 1 juillet 2019 par :

- BELGUESSAM Bouthaina
- SI SALAH Meriem

Devant le jury :

M.BENNEKROUF Mohammed	MCB-ESSA- Tlemcen	Président
M.BESSNOUCI Hakim	MAA- Université de Tlemcen	Examineur
M. HADRI Abdelkader	MAA- Université de Tlemcen	Examineur
M. BELKAID Fayçal	MCA-Université de Tlemcen	Encadrant
M. MALIKI Fouad	MAA-ESSA- Tlemcen	Co-Encadrant

REMERCIEMENT

Avant tout, nous remercions ALLAH, le tout puissant qui nous a donné le courage, la volonté et la patience pour bien mener ce travail.

En préambule à ce mémoire, il nous est agréable de remercier vivement tous ceux qui grâce à leur aide précieuse, ont permis la réalisation de ce travail et particulièrement :

Monsieur **BELKAID Fayçal** Maitre de conférences à l'Université de Tlemcen pour nous avoir prodigué tous les conseils indispensables. On le remercie aussi pour avoir suivi, guidé soutenu et fait confiance à notre travail.

Monsieur **MALIKI Fouad** Maitre de conférence à l'Ecole Supérieure en Science Appliquées-Tlemcen pour son accueil et sa disponibilité à chaque fois que nous en avais besoin, pour tous ses efforts, son aide et ses conseils constructifs durant ce projet.

On exprime nos sincères gratitudees à :

Monsieur **BENNEKROUF Mohammed** pour nous avoir fait l'honneur de présider ce jury.

Monsieur **BESSNOUCI Hakim** pour l'honneur d'avoir accepté d'évaluer notre travail.

Monsieur **HADRI Abdelkader** pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Madame **BOUSMAHA Kheira** Cadre de santé au bloc opératoire de la chirurgie B à CHU Tlemcen pour son accueil chaleureux, son aide et pour les informations précieuses qu'il nous a donnée.

Dans l'impossibilité de citer tous les noms, nos sincères remerciements vont à tous ceux et celles, qui de près ou de loin, ont permis par leurs conseils et leurs compétences la réalisation de ce mémoire.

Enfin, nous n'oserais oublier de remercier tout le corps professoral de l'université Abou Bekr Belkaid département GEE, pour le travail énorme qu'il effectue pour nous créer les conditions les plus favorables pour le déroulement de nos études.

DEDICACE

Avec un cœur débordant de joie et de sensation J'ai un grand plaisir de dédier ce modeste travail ;

Allah, le tout puissant ;

A mes chers parents :

Mère et Père l'exemple de vie, patience ; de responsabilité ; de sensation, et de perception qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi ;

A mes adorables frères et sœurs ;

A toutes ma famille ;

A mes amis(e).

A mes enseignants.

A mes rencontre d'aujourd'hui et d'hier ;

A ma meilleur amie (binôme) Bouthaina et sa famille ;

A toutes personnes qui nous ont apportés de l'aide.

Merci

Meriem

DEDICACE

Je dédie ce travail à ceux qui, quels que soit les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

Tout d'abord à ALLAH qui m'aide et me donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude.

A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : cher PAPA.

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : chère MAMAN.

A ma chère sœur, pour son soutien moral et ses conseils. Que dieu la protège et lui offre le bonheur et la chance.

A mon adorable petit frère BARAA, qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.

A mes chères tantes, ceux qui me donnent de l'amour, de soutien et de la vivacité : SAMIA et AICHA.

A mon cher ami ABDARRAHMANE, pour aide et support dans les moments difficile. Merci de m'avoir donné la force nécessaire.

A tous les ami(e)s, les cousin(e)s et les voisine(e)s, merci pour leurs amours et leurs encouragements.

Sans oublier mon cher binôme MERIEM, pour sa sympathie, sa patience et compréhension tout au long de ce projet.

A tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.

Merci.

Bouthaina

Table des matières

INTRODUCTION GENERAL.....	1
1. Chapitre 1 : l'ordonnancement et planification.....	3
1.1 Introduction	4
1.2 L'ordonnancement	4
1.2.1 Définition.....	5
1.2.2 Les problèmes d'ordonnancement.....	5
1.2.3 Modèles d'ordonnancement	5
1.2.4 La représentation d'un problème d'ordonnancement	6
1.2.5 Résolution d'un problème d'ordonnancement	8
1.3 Planification	8
1.3.1 Définition.....	8
1.3.2 Les niveaux de planification	9
1.3.3 Outils de planification (indicateurs)	9
1.4 Les méthodes de résolution.....	10
1.4.1 Heuristiques	10
1.4.2 Méta-heuristique.....	10
1.5 Le bloc opératoire.....	12
1.5.1 La gestion d'un bloc opératoire.....	12
1.5.2 Planification et ordonnancement des blocs opératoires	12
1.6 La conception d'un bloc opératoire	14
1.6.1 Salles polyvalentes	14
1.6.2 Circuits du bloc opératoire	14
1.6.3 Locaux annexes.....	15
1.6.4 Salle de surveillance post interventionnelle (SSPI)	15
1.7 Processus opératoire.....	16
1.8 Etat de l'art	16
1.9 Conclusion.....	18
2. Chapitre 2 : Système d'information Hospitalière.....	19
2.1 Introduction	20
2.2 Généralité.....	20
2.2.1 Définition d'un système.....	20
2.2.2 Objectif d'un système.....	20
2.2.3 Contrôle un système	20

2.2.4	Différent types de système	21
2.2.5	Définition de l'information	21
2.3	Système d'information	21
2.3.1	Définition.....	21
2.3.2	Objectif.....	22
2.3.3	Fonction.....	22
2.3.4	Composants.....	22
2.3.5	Qualité	22
2.4	Informatisation de SI	22
2.4.1	Définition.....	22
2.4.2	Les caractéristiques d'un SI	23
2.4.3	Etat de l'art	23
2.4.4	La base de données (ou BD).....	24
2.4.5	Système de gestion bases de données (SGBD).....	24
2.5	Les méthodes de conception des systèmes d'information	25
2.6	Méthode MERISE	27
2.6.1	Définition.....	27
2.6.2	Les composants de MERISE	27
2.6.3	Les démarches de Merise (Modélisation de B.D).....	28
2.6.3.1	Le modèle conceptuel de données MCD.....	28
2.6.3.2	Le modèle logique de données MLD.....	28
2.6.3.3	Le modèle physique ou opérationnelle	28
2.7	Système d'information Hospitalière	28
2.7.1	Qu'est-ce que l'hôpital	28
2.7.2	Définition Système d'information de l'hôpital.....	29
2.7.3	Définition Système d'information hospitalière(SIH).....	29
2.7.4	Composants d'un SIH	29
2.7.5	Les avantages de SIH	30
2.7.6	Conception du système informatique de l'hôpital.....	30
2.8	Conclusion.....	31
3.	Chapitre 3 : Présentation de CHU Tlemcen	0
3.1	Introduction	33
3.2	Présentation CHU de Tlemcen	33
3.3	Historique.....	33
3.4	Organigramme.....	33
3.5	Activités	34

3.6	Les relations extérieures	37
3.7	La chirurgie B.....	37
3.8	La politique de gestion dans le service chirurgie B	37
	Problématique.....	39
4.	Chapitre 4 : La gestion de bloc opératoire proposé	42
4.1	Introduction	43
4.2	La formulation mathématique du problème.....	43
4.2.1	La première formulation mathématique du problème	43
4.2.2	La deuxième formulation mathématique (modèle de base).....	46
4.2.3	La troisième formulation mathématique du problème	50
4.3	Modélisation du système	56
4.3.1	L'architecture du système	56
4.4	Les données de chirurgie B.....	59
4.5	La base de données	60
4.7	Conclusion.....	65
	CONCLUSION ET PERSPECTIVES	66

Liste des figures

Figure 1-1:	circuit opératoire à double circulation.	15
Figure 1-2:	Schéma couloir simple avec mutualisation des espaces et réduction des accès des salles.	15
Figure 2-1 :	Système à des entrées/sorties.....	20
Figure 2-2 :	Contrôle des sorties d'un système.	21
Figure 2-3:	les caractéristiques d'un SI.	23
Figure 2-4:	le système hospitalier.....	29
Figure 2-5:	les composantes de SIH.	29
Figure 3-1 :	l'organigramme de la direction du CHU Tlemcen.	34
Figure 3-2 :	Organigramme des différents départements de CHU Tlemcen.	35
Figure 3-3 :	Trajectoire du patient. [Chaabane.2005]	38
Figure 4-1:	résultat de simulation du modèle pour une SO et 3 interventions sur LINGO.	45
Figure 4-2:	résultat de simulation du modèle pour une SO avec des temps opératoire différents sur LINGO.	46
Figure 4-3:	résultat de simulation du modèle pour une SO et 3 interventions avec disponibilité de lits de réveil sur LINGO.	49
Figure 4-4:	résultat de simulation du modèle pour une SO et 10 interventions avec disponibilité de lits de réveil sur LINGO.	50
Figure 4-5 :	résultat de simulation du modèle pour une SO on considérant le temps de préparation sur LINGO.	52

Figure 4-6: résultat de simulation du modèle pour une disponibilité des chirurgiens.....	54
Figure 4-7: résultat de simulation du modèle pour une capacité limité sur LINGO.	55
Figure 4-8: Figure 4 6 : résultat de simulation du modèle pour une capacité limité inférieur à n sur LINGO.	56
Figure 4-9: L'architecture du système proposée.	57
Figure 4-10: MCD de la chirurgie B.	58
Figure 4-11: MLD de la chirurgie B.....	58
Figure 4-12: L'interface de département chirurgicale B.	61
Figure 4-13: l'interface de mettre à jour l'application.	61
Figure 4-14: La fenêtre de la vérification.	62
Figure 4-15: La fenêtre de choix le champ voulu à modifier.	62
Figure 4-16 : la fenêtre de choix le champ des médecins.....	63
Figure 4-17 : la fenêtre de consultation la liste des médecins.	63
Figure 4-18 : la fenêtre d'ajouter nouveau médecin.....	64
Figure 4-19 : La fenêtre de programme opératoire.....	65

Liste des tableaux

Tableau 1-1: indicateurs de planification opératoire.....	14
Tableau 3-1: Représentation de différentes spécialités des différents départements.	36
Tableau 3-2: La capacité technique de CHU Tlemcen.....	37
Tableau 4-1 : résultat de simulation du modèle pour une SO et 3 interventions.....	45
Tableau 4-2: résultat de simulation du modèle pour une SO avec des temps opératoire différents.	46
Tableau 4-3 : résultat de simulation du modèle pour une SO et 3 interventions avec disponibilité de lits de réveil.	48
Tableau 4-4: résultat de simulation du modèle pour une SO et 6 interventions avec disponibilité de lits de réveil.	49
Tableau 4-5 : résultat de simulation du modèle pour une SO on considérant le temps de préparation.	51
Tableau 4-6: résultat de simulation du modèle pour une disponibilité des chirurgiens.	53
Tableau 4-7: résultat de simulation du modèle pour une capacité limité.	55
Tableau 4-8 : L'équipe chirurgicale de Bloc opératoire de la chirurgie B.	60
Tableau 4-9: les résultats obtenus dans la simulation.....	64

INTRODUCTION GENERAL

L'hôpital exige de plus en plus des méthodes et des outils d'aide à la décision en vue d'optimiser son fonctionnement. L'objectif est d'apporter des gains significatifs en termes de qualité et de productivité à un secteur qui induit des coûts élevés et qui exige une qualité de haut niveau. Il est par conséquent capital pour les établissements de soins de faire porter l'effort sur la gestion, la planification et le pilotage de ce "système", d'évaluer également les performances des stratégies d'organisation, de gestion et de planification.

L'organisation des hôpitaux diffère radicalement du monde industriel. Il est caractérisé par la multitude de fonctions, de trajectoires, de secteurs et de flux, par une présence forte du facteur humain, par la décentralisation des décisions. Cet environnement assez complexe exige un effort considérable pour le pilotage et la synchronisation des différents flux. Des études montrent que les coûts induits par le plateau médico technique sont liés essentiellement à l'exploitation des salles d'opération. La performance du bloc opératoire ne dépend plus uniquement de la compétence des chirurgiens mais aussi de l'aptitude à gérer les flux patients, matières, etc. [Rossi-Tuck *et al.*2004].

Ce travail est organisé de manière très simple. Au premier chapitre on a commencé par connaître l'ordonnancement et la planification au sein d'un établissement hospitalière plus précisément le département chirurgical ainsi on a donné quelque généralité et définitions puis on a mentionné des approches de résolution de problème de d'ordonnancement ; commencent par les heuristiques puis les méta-heuristiques ensuite les méthodes d'aide à la décision multi critère MCDM, on a fini par connaître la gestion du bloc opératoire et leur état de l'art.

Le deuxième chapitre identifier les notions de bases d'un système et d'un système d'information, commençant par donner des généralités de système. Ainsi que du système d'information, ensuite on a défini la base des données, un SGBD et citer leur caractéristiques ainsi que leur objectif, après on a désigné quelque méthodes de conception d'un système d'information existants et sélectionnés la meilleurs pour élaborer le SI du bloc opératoire puis on a défini la méthode Merise, leurs composants et démarches, on a fini par définir le SIH, leurs composants, avantages et par la conception d'un SIH.

Le troisième chapitre décrit essentiellement CHU de Tlemcen son historique suivi par leur organigramme et activités (ses services et ses départements existant), Son relation extérieur, on a mentionné aussi la capacité technique de cette établissement sanitaire. Nous avons fini par décrire la politique de gestion au niveau de bloc opératoire de la chirurgie b, on a clôturé ce chapitre par notre problématique.

Dans le quatrième chapitre, nous avons modélisé un modèle mathématique pour minimiser le makspane du bloc opératoire de résoudre le problème de de planification chez CHU. Nous avons expliqué les contraintes mentionnées les variables de décision, les paramètres. Nous avons aussi simulé ce modèle pour plusieurs nombre d'intervention une ou bien de plusieurs salles opératoires et de réveil pour un nombre d'intervention maximale, chaque simulation et accompagner par une interprétation et un tableau de données ; Nous avons également estimé le temps opératoires des interventions pour maximisé le Cmax tout ça

Introduction général

avec l'aide de l'application qui gère la base de données automatique et qui affiche le programme opératoire.

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

1. Chapitre 1 : l'ordonnancement et planification

1.1 Introduction

Le problème de planification et d'ordonnancement dans le milieu hospitalier [Bahmani.2017] a fait l'objet de plusieurs études et recherches à cause de la sensibilité de secteur et les coûts qu'il engendre.

L'ordonnancement est la fonction d'exploitation qui gère les planifications de traitements informatique. Son rôle principal est la soumission des tâches, ou de séquence des tâches, à heures définies lorsque l'ensemble des conditions sont remplies. Ces conditions sont généralement des critères de dates, de statuts de prédécesseurs.

Dans ce chapitre introductif, nous cherchons d'abord à positionner le concept d'ordonnancement pour la gestion.

Ensuite nous allons représenter les bases de l'ordonnancement plus méta heuristique. La section suivante sera consacrée à définir la planification.

Après nous allons parler sur l'ordonnancement et la planification dans le bloc opératoire.

Enfin, nous allons expliquer les concepts de complexité algorithmique et problématique.

1.2 L'ordonnancement

Le problème d'ordonnancement" consiste à séquencer et placer dans le temps un ensemble d'activités (entités élémentaires de travail), compte tenu de contraintes temporelles (délais, contraintes d'enchaînement, . . .) et de contraintes portant sur l'utilisation et la disponibilité des ressources requises par les activités [Esquirol et Lopez.1999]. Posé ainsi, il s'agit d'un problème de satisfaction de contraintes qui trouve ses applications dans divers domaines (gestion de projets, ateliers de production, . . .) et qui fait l'objet de travaux de recherche d'un point de vue de l'aide à la décision, notamment [Belkaid, 2014] [Belkaid, 2016] [Lopez.2003]. Dans un contexte d'optimisation, on cherche de plus à minimiser (ou maximiser) un critère, comme par exemple la durée totale de réalisation des activités (minimisation du Makespan).

L'ordonnancement traduit l'ensemble des décisions de fabrication définies par le programme directeur de production en instructions d'exécution détaillées destinées au lancement au contrôle et au pilotage à court terme de l'activité des postes de travail.

A l'issu de la fonction ordonnancement, on obtient un calendrier qui assure une affectation optimale des tâches sur les ressources disponibles, en précisant la durée et la date d'exécution de chacune d'elles, tout en respectant certaines contraintes et en optimisant une ou plusieurs fonctions objectives. La fonction ordonnancement se décompose en trois sous-fonctions :

La première sous fonction s'occupe de l'élaboration des ordres de fabrication (OF) c'est-à-dire transformation des informations du programme directeur de production (suggestion de fabrication) en ordres de fabrication.

Dans la seconde, la préparation du programme d'atelier : ceci dit, la détermination en fonction des ordres de fabrication et de la disponibilité des ressources le calendrier prévisionnel de fabrication.

Enfin dans la troisième, le lancement et le suivi des opérations de fabrication sont appliqués. [Bahmani.2017]

1.2.1 Définition

La résolution des problèmes d'ordonnancement consiste à optimiser une fonction objective en déterminant la séquence suivant laquelle un ensemble de N tâches doit être exécuté sur un ensemble de M ressources et soumis à des contraintes, ainsi qu'à déterminer les instants du début et de la fin d'exécution des différentes tâches sur chacune des ressources.

Les problèmes d'ordonnancement existent dans de nombreux secteurs d'activités comme la gestion de production, dans l'industrie manufacturière ou encore les systèmes informatiques.

1.2.2 Les problèmes d'ordonnancement

Un problème d'ordonnancement peut être considéré comme un sous problème de planification dans lequel il s'agit de décider de l'exécution opérationnelle des tâches (jobs) planifiées, et ainsi d'établir leur planning d'exécution et leur allouer des ressources visant à satisfaire un ou plusieurs objectifs sous une ou plusieurs contraintes. [Adjiri.2018]

Ordonnancer un ensemble de tâches c'est programmer leur exécution en leur allouant les ressources requises et en fixant leurs dates de début. La théorie de l'ordonnancement traite des modèles mathématiques mais analyse également des situations réelles fortes complexes ; aussi le développement des méthodes utiles ne peut-il être que le fruit des contacts entre la théorie et la pratique. [RAIRO.1993]

Dans un problème d'ordonnancement interviennent deux notions fondamentales : les ressources et les tâches.

- Une ressource est un moyen nécessaire humain ou technique utilisé pour exécuter une opération.
- Une tâche ou une opération qu'on note « i » est une entité élémentaire de travail localisée dans le temps par une date de début ri et une date de fin ci ; dont la réalisation nécessite une durée pi telle que $pi = ci - ri$; et qui utilise des ressources k avec une intensité aik .

On distingue deux types de tâches :

- Les tâches préemptives dont l'exécution peut être divisée en plusieurs intervalles temporels.
- Les tâches indivisibles qui sont exécutées en une seule fois et ne peuvent pas être interrompues avant qu'elles ne soient complètement achevées. [RAIRO.1993]

1.2.3 Modèles d'ordonnancement

Les problèmes d'ordonnancement sont généralement classés en trois principaux modèles dépendamment du nombre d'opérations que requièrent les jobs : des modèles à une opération (machine unique et machines parallèles) et des modèles à plusieurs opérations (flow-shop, open shop et job shop).

- ❖ Dans un modèle à machine unique, l'ensemble des tâches à réaliser est exécuté par une seule machine. L'une des situations intéressantes où on peut rencontrer ce genre de configurations est le cas où on est devant un système de production

comprenant une machine goulot qui influence l'ensemble du processus. L'étude peut alors être restreinte à l'étude de cette machine.

- ❖ On peut trouver des ateliers composés de machines organisées en parallèle. Ce modèle est surtout utilisé dans les secteurs industriels tels que : l'industrie alimentaire, les industries plastiques, les fonderies et en particulier l'industrie textile. Le processus de déroulement de ce système de production est le suivant : à chaque fois qu'une machine i se libère, on lui affecte un job j .

1.2.4 La représentation d'un problème d'ordonnancement

Un problème d'ordonnancement est décrit par un triplé $\alpha|\beta|\gamma$. Le champ α décrit l'environnement des machines et contient une seule entrée. Le champ β fournit des détails sur les caractéristiques et contraintes de traitement et peut contenir plusieurs entrées ou bien aucune ; quant au champ γ , il représente l'objectif à minimiser et ne contient en général qu'une seule entrée.

Une opération désigne le traitement d'une tâche par une machine donnée. Les possibles entrées du champ α sont les suivantes :

- **1** pour une seule machine. Ces modèles furent très étudiés, ils possèdent certaines propriétés spéciales, et leur étude fournit plusieurs résultats ainsi qu'une base pour le développement d'heuristiques pour des modèles plus complexes.
- **Pm** pour m machines parallèles identiques.
- **Qm** possède m machines parallèles avec des vitesses différentes, la vitesse d'une machine i sera notée v_i .
- **Rm** contient m machines parallèles différentes. Une machine i traitera la tâche j à une vitesse v_{ij} .
- **Fm** représente un environnement à m machines en séries appelé Flow shop. Toute tâche j doit être traitée par chacune des m machines, et les n tâches doivent toutes suivre la même route (le même ordre de machines lors du traitement). Après fin du traitement sur une machine, la tâche rejoindra une file d'attente [souvent opérant selon le principe FIFO (premier arrivé, premier servi)] pour la machine suivante, le champ β contiendra alors l'entrée $prmu$ (permutation flow shop).
- **F Fc** représente l'environnement Flow shop flexible qui est une généralisation du précédent. Ici, nous avons c étapes en série -chacune contenant un ensemble de machines parallèles- par lesquelles doivent passer les n tâches (toujours dans le même ordre). À chaque étape, une tâche j doit être traitée sur une des machines parallèles, peut importer laquelle.
- **Jm** représente l'environnement Job shop à m machines. Chaque tâche à sa route prédéfinie à suivre. Une distinction est faite entre les Job shops où chaque tâche visite chaque machine au plus une fois ou plus d'une fois (auquel cas, le champ β contiendra l'entrée $recr$ (recirculation)).
- **F Jc** représente l'environnement Job shop flexible qui est une généralisation du précédent. De manière analogue au FFc, à la place de m machines, il y a c postes de

travail ayant chacun un nombre de machines parallèles identiques. Chaque tâche a sa propre route à suivre à travers le système, à chaque poste de travail où elle doit être traitée, elle le sera par n'importe quelle machine de ce dernier. Si une tâche traverse un poste de travail plus d'une fois, le champ β contiendra l'entrée recrc (recirculation).

- **Om** dans un Open shop, chaque tâche j doit être traitée à nouveau sur chacune des m machines (certains de ces temps de traitement peuvent être égaux à zéro). Il n'y a pas de restrictions concernant la route de chaque tâche j . [BENKALAI. 2018]

1.2.4.1 Objectif

Les fonctions économiques ou critères d'optimalité les plus utilisées font intervenir la durée totale de l'ordonnancement, le délai d'exécution, les retards de l'ordonnancement et le coût des stocks d'encours. La durée totale de l'ordonnancement notée C_{max} est égale à la date d'achèvement de la tâche la plus tardive : $C_{max} = \max c_j$. C'est la longueur de l'ordonnancement (schedule length ou makespan).

Le Flow time moyen $F^- = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n F_j$ ou le flow time moyen pondéré $Fw^- = \frac{\sum_{j=1}^n W_j F_j}{\sum_{j=1}^n W_j}$.

Le critère, flow time, $\sum_{i=1}^n W_i C_i$ permet d'estimer le coût des stocks d'encours. En effet la tâche " i " est présente dans l'atelier entre les instants r_i et C_i , et donc les stocks dont elle a besoin doivent être disponibles entre ces deux dates ; d'où le coût $\sum_{i=1}^n W_i (C_i - r_i)$ est égale à un constant pré à $\sum_{i=1}^n W_i C_i$.

Dans beaucoup de problèmes, il faut respecter les délais, donc les dates au plus tard d_i ; on peut chercher à minimiser le plus grand retard $T_{max} = \max T_i$, ou bien la somme des retards $\sum_{i=1}^n T_i$; ou encore la somme pondérée des tâches en retard $\sum_{i=1}^n W_i T_i$.

Le décalage maximum $L_{max} = \max \{L_j\}$.

D'autres critères peuvent être utilisés

- Le retard moyen $T_{moy} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n T_j$. Le retard moyen pondéré $Tw = \frac{\sum_{j=1}^n W_j T_j}{\sum_{j=1}^n W_j}$.

- Le nombre de tâches en retard $U = \sum_{j=1}^n U_j$ où $U_j = 1$ si $C_j > d_j$ et 0 sinon.

- Le nombre de tâches en retard pondéré $Uw = \sum_{j=1}^n W_j U_j$. [Derbala, 2017]

1.2.4.2 Variables de décisions

Plusieurs types de variables de décision peuvent être utilisés pour modéliser un problème d'ordonnancement. Par exemple, dans le cas d'un problème d'ordonnancement à une machine, disjonctif et non-préemptif, [Van Den Akker.1994] présente une revue des différentes formulations mathématiques proposées dans la littérature. On relève quatre types de variables de décision :

Des variables réelles indiquant le début ou la fin de l'exécution d'une activité sur la machine (t_i est la date de début d'exécution de l'activité i).

Des variables binaires indiquant une relation de succession immédiate entre deux tâches (f_{ij} , $j=1$ si l'activité j est exécutée juste après i sur la machine, $f_{ij} = 0$ sinon).

Des variables binaires indiquant la position d'une activité dans la séquence (si, $j=1$ si l'activité i est la j ème activité exécutée par la machine, si, $j=0$ sinon).

Des variables binaires indicées sur le temps discrétisé et indiquant le début d'une activité à un certain pas de temps ($x_{i,t}=1$ si l'activité i débute au pas de temps t , $x_{i,t}=0$ sinon).

1.2.4.3 Les contraintes d'ordonnancement

Les contraintes expriment des restrictions sur les valeurs que peuvent prendre simultanément les variables de décision. On distingue :

Des contraintes temporelles

- Les contraintes de temps alloués, issues généralement d'impératifs de gestion et relatives aux dates limites des tâches (délais de livraisons, disponibilité des approvisionnements) ou à la durée totale d'un projet.
- Les contraintes de cohérence technologique, ou contraintes de gammes, qui décrivent des relations d'ordre entre les différentes tâches.

Des contraintes de ressources

- Les contraintes d'utilisation de ressources qui expriment la nature et la quantité des moyens utilisés par les tâches, ainsi que les caractéristiques d'utilisation de ces moyens.
- Les contraintes de disponibilité des ressources qui précisent la nature et la quantité des moyens disponibles au cours du temps. Toutes ces contraintes peuvent être formalisées sur la base des distances entre débuts de tâches ou potentiels. [W]

1.2.5 Résolution d'un problème d'ordonnancement

Résoudre un problème d'ordonnancement, c'est choisir pour chaque tache une date de début, de telle sorte que les contraintes du problème soient respectées (la solution est donc dite admissible ou réalisable) et qu'un ou plusieurs critères donnés soient optimisés. La résolution d'un problème d'ordonnancement doit concilier deux objectifs :

L'aspect statique consiste à générer un plan de réalisation des travaux sur la base des données prévisionnelles.

L'aspect dynamique consiste à prendre des décisions en temps réel, compte tenu de l'état des ressources et l'avancement dans le temps des différentes taches. [Adjiri.2018]

1.3 Planification

Pour réaliser un projet, la principale difficulté réside dans la gestion du temps. Avant de commencer le projet, il faut prendre du temps pour réfléchir au temps nécessaire pour les différentes actions du projet. Il faut donc planifier pour éviter d'agir dans l'urgence et le désordre.

1.3.1 Définition

Planifier, venant du latin « planus ».

Selon le dictionnaire la toupie, La planification est l'action de planifier, c'est-à-dire d'organiser dans le temps une succession d'actions ou d'évènements afin de réaliser un objectif particulier ou un projet.

La planification est la programmation d'actions et d'opérations à mener dans un domaine précis, en spécifiant les objectifs, les moyens et la durée. Le résultat de cette programmation nous répond aux principaux aspects opérationnels QQQCC (qui, quoi, où, quand, comment, combien).

1.3.2 Les niveaux de planification

1.3.2.1 Niveau stratégique

Ce niveau, aussi appelé Stratégique Management par [Thomas, Griffin.1996] ou encore Strategic Planning par [Rohde et al.2000], regroupe toutes les décisions stratégiques. Ces décisions sont des directives et des lignes d'actions sur le long terme (de 6 mois à plusieurs années), comme par exemple, la recherche de nouveaux partenaires industriels, la sélection des fournisseurs et sous-traitants, mais aussi les décisions d'implantation ou de délocalisation de zones d'intervention dans le cas de la logistique militaire. L'affectation d'une nouvelle zone d'approvisionnement à un centre de distribution (entrepôt), le développement d'un nouveau produit, la configuration de la chaîne logistique, son mode de fonctionnement, ainsi que les objectifs financiers à atteindre.

1.3.2.2 Niveau tactique

Le niveau tactique s'intéresse aux décisions à moyen terme (de quelques semaines à quelques mois) qui devront être exécutées pour déployer la stratégie décidée par l'entreprise. Ces décisions portent sur les problèmes liés à la gestion des ressources de l'entreprise, en particulier la planification des activités en tenant compte des ressources disponibles sur un horizon fixé.

1.3.2.3 Niveau opérationnel

En ce qui concerne le niveau opérationnel, ou Opérationnel Planning selon [kaddoussi .2012], les décisions ont une portée plus limitée dans l'espace et dans le temps (décisions sur la journée ou sur la semaine). A ce niveau, les décisions tactiques génèrent un plan détaillé de production ou d'ordonnancement, applicable au niveau d'un atelier ou d'une zone logistique.

1.3.3 Outils de planification (indicateurs)

Il est indispensable de connaître et de maîtriser un certain nombre d'indicateurs afin d'établir une planification optimale. [W3]

Pour gérer le temps d'un projet, il existe la méthode **NERAC**.

Cette méthode consiste à :

- **Noter** les tâches à accomplir.
- **Estimer** la durée de chaque tâche.
- **Réserver** une marge de sécurité pour faire face aux imprévus.
- **Arbitrer** entre les différentes tâches, c'est-à-dire les hiérarchiser en fonction de leur importance et de leur urgence.
- **Contrôler** la réalisation de chaque tâche avec la mesure des écarts éventuels et la modification éventuelle des délais du projet.

Un agenda permet de planifier des événements ponctuels ou récurrents pour une personne ou un groupe de personnes. Peu à peu l'agenda papier est remplacé par l'agenda électronique. Celui-ci peut être partagé pour permettre un travail collaboratif.

Un planning permet de planifier les activités d'un projet. Un planning est utilisé pour un projet devant être réalisé dans un temps défini. Moins on a de temps plus le planning est nécessaire. Le planning n'est pas un document statique, il doit être suivi et adapté si nécessaire.

Le diagramme de Gantt est un outil permettant de visualiser dans le temps les différentes tâches d'un projet. La gestion d'un projet ne s'improvise pas. Il faut planifier. Le diagramme de Gantt permet cette planification. Ce diagramme est une matrice à 2 entrées représentant la liste des tâches à accomplir en fonction du temps.

La réalisation du diagramme de Gantt permet de déterminer le chemin critique. Le chemin critique constitue la suite de tâches qui déterminent la durée totale du projet. Si une des tâches du chemin critique a sa durée modifiée, cette modification diminuera ou augmentera la durée totale du projet.

1.4 Les méthodes de résolution

On trouve beaucoup de problèmes et chaque problème a besoin d'une méthode pour le résoudre, parmi ces méthodes on trouve les heuristiques, les méta-heuristique, les MCDM...

1.4.1 Heuristiques

Une heuristique est une technique qui améliore l'efficacité d'un processus de recherche, en sacrifiant éventuellement l'exactitude ou l'optimalité de la solution. Pour des problèmes d'optimisation (NP-complets) où la recherche d'une solution exacte (optimale) est difficile (coût exponentiel), on peut se contenter d'une solution satisfaisante donnée par une heuristique avec un coût plus faible.

Certaines heuristiques sont polyvalentes (elles donnent d'assez bons résultats pour une large gamme de problèmes) alors que d'autres sont spécifiques à chaque type de problème [Thomas et al.1989].

1.4.2 Méta-heuristique

Les méta-heuristiques sont un ensemble d'algorithmes d'optimisation visant à résoudre les problèmes d'optimisation difficiles. Elles sont souvent inspirées par des systèmes naturels, qu'ils soient pris en physique (cas du recuit simulé), en biologie de l'évolution (cas des algorithmes génétiques) ou encore en éthologie (cas des algorithmes de colonies de fourmis ou de l'optimisation par essaims particulaires). [Austin .2006]

1.4.2.1 La Méthode de Recuit Simulé

Cette méthode a été inspirée du processus physique du recuit utilisé en métallurgie. Ce processus consiste en une suite de cycles de refroidissement lent pour obtenir un matériau homogène et de très bonne qualité. En effet, il alterne des cycles de refroidissement lent et de réchauffage (recuit) qui tend à minimiser l'énergie du matériau. Cette méthode s'appuie sur l'algorithme de Métropolis qui permet de décrire l'évolution d'un système thermodynamique. Par analogie avec le processus physique, la fonction $f(x)$ à minimiser deviendra l'énergie E du système où x est un état donné de la matière. Un paramètre fictif est également introduit : la

température T du système. Partant d'une solution donnée nous générons une solution voisine en utilisant une transformation qui change x en x' . Si celle-ci améliore le critère que l'on cherche à optimiser, c'est-à-dire : $Df=f(x') - f(x) < 0$ on dit alors qu'on a fait baisser l'énergie du système, sinon elle la dégrade. En acceptant une solution améliorant le critère, nous tendons ainsi à chercher l'optimum dans le voisinage de la solution de départ, alors que l'acceptation d'une solution moins bonne, c'est-à-dire $Df=f(x') - f(x) \geq 0$ permet alors d'explorer une plus grande partie de l'espace de solutions et tend à éviter de s'enfermer trop vite dans la recherche d'un optimum local. La solution voisine x' est acceptée avec une probabilité p . Si x' n'est pas meilleur que x alors x' est accepté avec une probabilité $\exp [Df/T]$. [Olivier.2001]

1.4.2.2 Les Algorithmes Génétiques (AGs)

Les algorithmes génétiques (AGs) ont été introduits par Holland comme un modèle de méthode adaptative. Ils ont été efficacement utilisés pour résoudre plusieurs problèmes d'optimisation multicritère.

L'algorithme génétique est une technique d'optimisation basée sur les concepts de la sélection naturelle de Darwin et la procréation selon les règles de Mendel. La sélection naturelle que Darwin appelle l'élément "propulseur" de l'évolution, favorise les individus d'une population qui sont les mieux adaptés à un environnement.

Pour évaluer les individus d'une population, on utilise une fonction d'évaluation, cette fonction est souvent une transformation de la fonction-objectif, appelé aussi la fonction fitness, le résultat fourni par cette fonction va permettre de sélectionner ou de refuser un individu pour ne garder que les individus ayant le meilleur coût en fonction de la population courante.

La sélection est suivie de la procréation, réalisée à l'aide de croisements et de mutations au niveau du patrimoine génétique des individus (ou "génotype") constitué d'un ensemble de gènes. Ainsi, deux individus "parents", qui se croisent transmettent une partie de leur patrimoine génétique à leurs descendants. Le génotype de l'enfant fait que celui-ci est plus ou moins adapté à l'environnement. S'il est bien adapté, il a une plus grande chance de procréer dans la génération future. Au fur et à mesure des générations, on sélectionne les individus les mieux adaptés, et l'augmentation du nombre de ces individus fait évoluer la population entière. [Quan.2003]

1.4.2.3 Les méthodes d'aide à la décision multicritère(MCDM)

Les méthodes de programmation mathématique permettent de traiter un problème de sélection avec contraintes, en d'autres termes, un problème de sélection où les solutions ne sont pas connues a priori. La méthode de choix de la meilleure solution est conditionnée par la façon avec laquelle le décideur exprime ses préférences : par exemple le décideur peut être indifférent vis à vis de deux solutions si la différence de leur coût est faible. La théorie de la décision, cette étape du traitement du problème est appelée étape de modélisation des préférences. Nous la considérons comme un des points clés qui distingue les méthodes d'agrégation élémentaires et d'optimisation mathématique multi-objectifs des méthodes d'aide à la décision multicritère.

1.5 Le bloc opératoire

1.5.1 La gestion d'un bloc opératoire

Le bloc opératoire se compose de salles d'induction, de salles d'opération et d'une salle de réveil (autrement dit : « salle de soins post intervention », SSPI). En général, le patient rejoint la salle de réveil après son opération pour ensuite regagner son lit d'hospitalisation. Notons qu'à tout moment, un patient peut arriver des soins intensifs ou des urgences pour rejoindre le bloc opératoire. De la même manière, un patient peut quitter la salle d'opération ou la salle de réveil et rejoindre l'unité de soins intensifs.

Le bloc opératoire constitue un élément essentiel du plateau technique d'un hôpital, en raison de sa haute technicité et de l'investissement qu'il représente, de l'importance des ressources humaines qu'il mobilise, des enjeux en termes de sécurité des patients, de son importance considérable pour l'attractivité des établissements et de sa capacité à accueillir les urgences. Dans le cas étudié par Macario et al. (1995), la plus importante catégorie des coûts concerne uniquement le bloc opératoire et s'élève à 33 % de l'ensemble des coûts. Le bloc opératoire fait donc partie des installations les plus coûteuses de l'hôpital. [Denton et al. 2007]

Or, la gestion du bloc opératoire doit concilier activités programmées et activités d'urgence, prendre en compte les besoins et les contraintes des chirurgiens, des anesthésistes, des infirmières des blocs, l'articulation avec les activités de stérilisation, de brancardage et de logistique (approvisionnement en matériels divers) et enfin la disponibilité de lits d'hospitalisation. [Tonneau.2006]

La programmation opératoire consiste à construire un planning prévisionnel des interventions chirurgicales à réaliser pendant une période, généralement une semaine, à partir des demandes émanant des services chirurgicaux et de prescripteurs externes. [Fei.2005]

La programmation opératoire est composée de deux sous-problèmes séquentiels. [Magerlein et Martin.1978]

- la planification, consistant à affecter une date d'opération aux patients dans l'avenir.
- l'ordonnancement, consistant à déterminer l'ordre des interventions dans un bloc opératoire pour une journée. [Chaabane.2005]

1.5.2 Planification et ordonnancement des blocs opératoires

À fin de gérer et coordonner les différentes activités du bloc opératoire, les établissements hospitaliers utilisent un outil de gestion appelée programmation opératoire [Kharraja.2003] [Jebali.2004] [Chaabane.2004].

Le terme « programmation opératoire » a des significations différentes d'un établissement à un autre. Mais, la finalité est la même : établir un planning prévisionnel des interventions à réaliser sur un horizon donné, allant d'une journée à une ou plusieurs semaines, en leur attribuant des ressources (humaines et matérielles) et en fixant l'ordre de leur exécution. Ce planning est généralement appelé programme opératoire.

Le programme opératoire n'est autre que l'aboutissement d'une planification et d'un ordonnancement des interventions chirurgicales. Ces deux tâches peuvent être réalisées de manière séquentielle (hiérarchique) ou de manière simultanée, selon la politique utilisée par l'hôpital.

L'élaboration du programme opératoire est une tâche très complexe et dont le processus varie considérablement d'un hôpital à un autre. Cependant, la littérature fait état de trois approches de construction de programme opératoire [Patterson.1996] [Kharraja.2003] :

- **Programmation par pré-allocation de plages horaires (Block Scheduling)** : elle consiste à allouer, au préalable, des plages horaires à chaque chirurgien. Une plage horaire désigne une salle opératoire donnée qui est réservée à l'utilisation exclusive d'un chirurgien donné.
- **Programmation ouverte (Open Scheduling)** : elle consiste à proposer un programme opératoire vierge de toutes contraintes de placement ; aucun chirurgien ne peut à priori réserver des créneaux ou plages horaires pour ses propres interventions.

Le remplissage du programme opératoire se fait de manière chronologique selon la règle « premier arrivé, premier servi ».

- **Programmation par pré-allocation et ajustement de plages horaires (Modified Block Scheduling)** : elle combine les deux approches précédentes.

1.5.2.1 Indicateurs de planification opératoire

Il est indispensable de connaître et de maîtriser un certain nombre d'indicateurs afin d'établir une planification optimale.

C'est ce que réalisent la plupart des organismes d'expertise et d'audit des blocs opératoires [Dejean.2006], tels que la Mission nationale d'expertise et d'audit hospitaliers (**MeaH**). Ces indicateurs, détaillés en Tableau 3, sont les suivants :

- Le temps de mise à disposition d'une salle (**TMD**), le temps de vacation offert aux praticiens (**TVO**).
- Le temps réel d'occupation des salles (**TROS**). Le TROS intervention est la somme de T1 durée de préparation du patient : intervalle de temps entre l'entrée du patient en salle et l'induction (temps de préparation du patient). T2 durée de l'induction : intervalle de temps entre l'induction et l'incision (temps de préparation anesthésique). T3 durée de l'acte chirurgical. T4 durée du pansement : intervalle de temps entre la fin de l'acte chirurgical et la sortie de salle du patient. T5 temps de remise en état de la salle (nettoyage de la salle).
- Le temps d'utilisation codifié (**TUC**), le temps réel d'occupation de la vacation d'un praticien (**TROY**).

Indicateur	Signification
TMD	Temps compris entre l'ouverture de la salle (entrée en salle de la première IDE ou IADE) et l'heure de fermeture (heur de remise en

	état de la salle en fin de journée.
TVO	Compris entre l'entrée en salle du premier patient et la sortie de dernier patient.
TROS	Début de l'entrée du patient en salle d'intervention, fin à la fin de remise en état de la salle.
TUC	T2+T3 permet d'évaluer le temps de mobilisation du personnel médical (médecin anesthésiste et chirurgien).

Tableau 1-1: indicateurs de planification opératoire.

1.6 La conception d'un bloc opératoire

1.6.1 Salles polyvalentes

La notion de salles polyvalentes s'est également développée parallèlement à la création de blocs multidisciplinaire. Le principe reste le même, rationaliser et mettre en commun les moyens, autant humains que matériels, ceci dans un but essentiel d'économies

Ce dogme de la polyvalence s'appuie sur le principe qu'il n'existerait plus de salle dédiée à une spécialité, et encore moins de salle réservée à un chirurgien, les normes actuelles de bio nettoyage entre deux interventions autorisant cette polyvalence sans risque supplémentaire dans la plupart des cas. [Francophone.2009]

1.6.2 Circuits du bloc opératoire

Pendant très longtemps, le dogme retenu pour les circuits au sein du bloc opératoire a été celui du double circuit (Figure.1.1), isolant le propre et le sale, sachant qu'il existe de très nombreux circuits en dehors des circuits des personnels et des patients : matériel, déchets, linge. La solution idéale proposée est de séparer les entrées et les sorties, sans possibilité de croisement, autant pour les patients que pour les personnels du bloc, les matériels et les déchets, mais ceci a pour principal inconvénient d'occuper beaucoup de place [Hoet.1999] [Kitzis.2001] [Hoet.1985]. La tendance actuelle est donc revenue au simple circuit (Figure.1.2), au moins pour les matériels et les déchets, et ceci avec l'accord de l'ensemble des hygiénistes [Hoet.1999]. L'un des avantages essentiels du simple circuit est bien sûr le gain de place et la possibilité de reporter cet espace libéré sur les salles d'intervention.

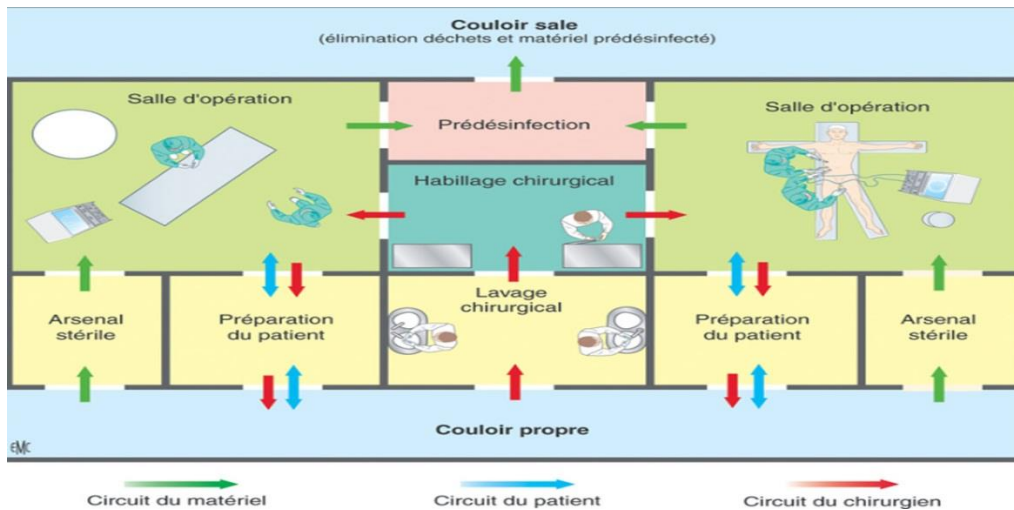


Figure 1-1: circuit opératoire à double circulation.

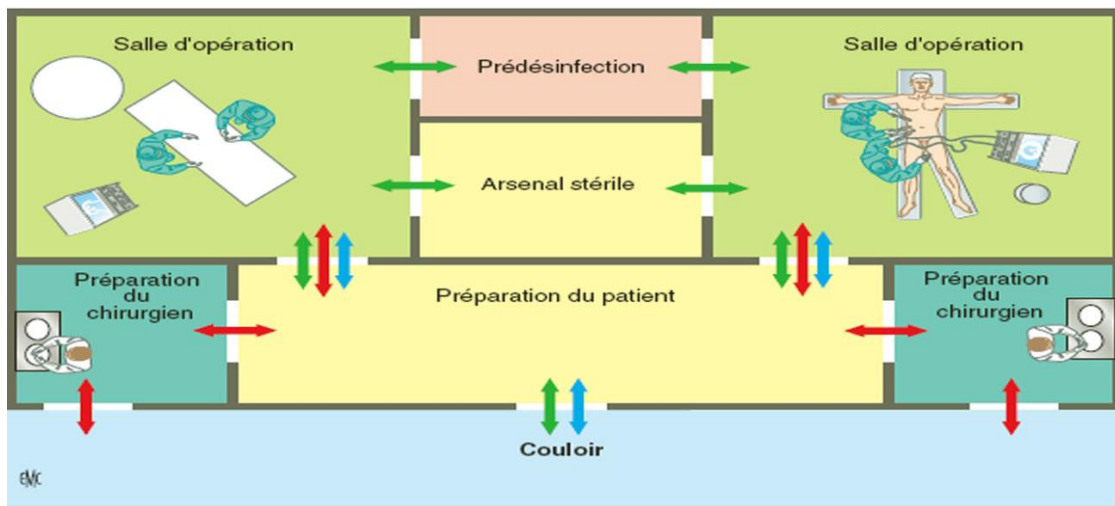


Figure 1-2: Schéma couloir simple avec mutualisation des espaces et réduction des accès des salles.

1.6.3 Locaux annexes

Ils sont surtout représentés par les salles de préparation des équipes chirurgicales, les salles d'induction anesthésique, les locaux de décontamination et les locaux de stockage, l'ensemble de ces locaux pouvant être regroupé au sein d'un même secteur pour desservir plusieurs salles d'opération.

D'autres locaux sont représentés par le bureau du chef de bloc, la salle de repos, les vestiaires et différents locaux de rangement, la salle de surveillance post-interventionnelle étant étudiée secondairement.

1.6.4 Salle de surveillance post interventionnelle (SSPI)

La salle de surveillance post-interventionnelle (SSPI) accueille durant une plus ou moins longue durée, l'ensemble des patients relevant d'une surveillance post-anesthésique et ayant subi une intervention chirurgicale. [W4]

1.7 Processus opératoire

Avant d'entamer la discussion sur la programmation opératoire, décrivons le processus opératoire dans l'établissement hospitalier, surtout dans un bloc opératoire. Les processus opératoires se décomposent en trois phases :

1. La phase préopératoire : durant laquelle le patient subit des consultations chirurgicales et anesthésiques. Elle s'étend de la prise en charge du patient jusqu'à la veille de l'intervention. Pendant cette phase, une date « provisoire » d'intervention sera proposée au patient. Cette date peut être modifiable ou non selon la politique du bloc opératoire ;

2. La phase peropératoire : proprement dite qui s'étend de la préparation psychique du patient, avant l'intervention, jusqu'à ce qu'il se réveille et quitte la SSPI. Cette phase a lieu le jour de l'intervention. Ce jour-là, les patients sont d'abord anesthésiés et transférés par les brancardiers aux salles d'opération, où les équipes chirurgicales vont les opérer. Après avoir été opérés, ils vont être transférés à la SSPI et y restent jusqu'au moment où les anesthésistes les autorisent à retourner dans leurs services d'hospitalisation ou dans les secteurs de soins intensifs et de réanimation. Cette phase est la partie la plus importante du processus opératoire.

3. La phase post-opératoire : après son réveil, le patient sera transféré vers son service d'hospitalisation. Cette phase recouvre l'ensemble des soins nécessaires suite à l'intervention. Dans le cas où l'état du patient serait jugé critique, il sera plutôt conduit vers les soins intensifs et de réanimation.

Dans cette recherche, nous allons essayer de rendre ce processus opératoire plus efficace en trouvant une bonne solution pour la planification des interventions dans la phase préopératoire, sur plusieurs semaines ou mois, ainsi que pour l'ordonnancement des interventions dans la phase peropératoire, pour une journée. Nous ne tiendrons pas compte de la phase post-opératoire. [Fei.2006]

1.8 Etat de l'art

Certains travaux de recherche ont été réalisés à ce jour pour résoudre les problèmes d'ordonnancement journalier des blocs opératoires. [Fei.2006b]

[Dexter et al.1999] ont proposé pour planifier les interventions opératoires au sein d'un bloc multidisciplinaire, l'utilisation de méthodes de type Bin-Packing et des contraintes floues afin de maximiser le taux d'occupation des salles. Ces techniques utilisent des méthodes de recherche de solution fondées sur une approche progressive, prenant en compte des durées d'intervention incertaines.

Par contre, des techniques basant sur un modèle linéaire ont été proposées comme outil de programmation [Guinet et Chaabane.2003]. L'objectif étudié est la minimisation des coûts variables d'exploitation des blocs opératoires. Les outils utilisés sont basés sur des heuristiques issues de la méthode hongroise.

[Marcon et al.2001] ont proposé une modélisation fondée sur la méthode de sac à dos multiple dans le cas où les chirurgiens sont pré-affectés à une salle d'opérations et une résolution par satisfaction de contraintes pour une affectation libre des chirurgiens aux salles.

[Jebali et al.2006] ont modélisé le problème d'affectation et le problème d'ordonnancement des ressources hospitalières sous forme de programmes linéaires mixtes.

Ils ont élaboré des stratégies de choix du modèle d'ordonnancement afin de permettre au responsable du bloc de sélectionner celles qui conviennent le mieux à son attente en terme de construction de programme opératoire.

La technique de simulation de flux a été utilisée pour le choix d'une programmation centrée sur la salle d'opérations soit privilégiant la minimisation du coût d'occupation de la salle d'opérations ou soit celui prenant en compte les salles d'opérations et la salle de réveil [Macario et al.1999] ou salles de soins post interventionnelles. De la même façon, la simulation a été utilisée pour évaluer l'impact du dimensionnement de certaines catégories de personnel sur l'organisation d'un bloc opératoire et d'une salle de réveil [Kharraja et al.2002] [Macario et al.1999] [Zhou et Dexter.1998].

[Hsu et al.2003] ont proposé un nouvel algorithme d'ordonnancement qui minimise le temps total de réalisation des interventions au bloc et dans la salle des soins post-interventionnels (SSPI). Cet algorithme utilise une méta-heuristique de type TABOU.

Dans [Marcon.2004], l'auteur traite l'ordonnancement des interventions au bloc opératoire et en salle de soins post-interventionnels comme étant un flow-shop hybride à deux étages avec N machines en parallèle sur le premier étage et M machines en parallèle sur le second avec blocage car lorsque une intervention se termine le patient doit quitter la salle opératoire et accéder sans attente à la SSPI.

[Jebali.2004] et [Kharraja et al.2002] les auteurs prennent en compte uniquement les salles opératoires et centrent leurs efforts sur un ordonnancement qui respecte les contraintes des ressources humaines et matérielles, ainsi que des règles d'hygiène et de sécurité. Dans le cas où les chirurgiens ne peuvent intervenir que dans une salle opératoire, la règle LPT semble celle couramment utilisée par les responsables de bloc. Dans le cas contraire où les chirurgiens peuvent opérer sur plusieurs salles dans la même journée, il est nécessaire de résoudre un problème d'ordonnancement sur machines parallèles.

[Kharraja et al.2002] propose pour ce problème une décomposition spatiale du problème flow-shop hybride à deux étages en N flow shop à deux étages, l'ordonnancement optimal des interventions est alors obtenu en appliquant l'algorithme de Johnson.

[Guinet et Chaabane.2003] et [Jebali.2004] proposent une modélisation du problème sans hypothèse simplificatrice à partir d'un programme linéaire mixte.

Dans [Chaabane.2004], l'auteur modélise le problème d'ordonnancement sous la forme d'un flow-shop hybride avec cycles ou plus génériquement sous la forme d'un job-shop avec machines dupliquées. L'auteur a proposé une solution basée sur la transformation du problème flow-shop hybride avec recirculation en un problème flow-shop avec des contraintes de précédence pour lequel plusieurs outils sont connus et adaptables.

Après [Chaabane et al.2006] essayent d'améliorer la meilleure heuristique proposée dans [Chaabane.2004]. Le problème étudié est NP-difficile. Ils proposent une nouvelle heuristique en $O(N^2)$. Les résultats obtenus par cette heuristique sont comparés à des développements précédents. [Chaabane.2004]

[Kharraja et al.2005] [Kharraja et al.2006] ont effectué une étude qui s'apparente à celle de [Chaabane et al.2007] en appliquant une méthode développée initialement pour la construction des plages horaires dans un contexte de programmation ouverte. Les premiers auteurs ont comparé les stratégies d'Open Scheduling et de Block Scheduling au sein d'un hôpital public. Les expérimentations ont été basées sur des données générées selon des lois de distribution. Dans le deuxième article, les auteurs proposent une comparaison dans le sens inverse avec un cas réel d'application. L'apport concret de cette comparaison est de démontrer, en plus de la comparaison, l'apport de telles méthodes en pratique et leur possibilité d'application. Des outils basés sur ces méthodes ont été développés avec des interfaces Excel et mis à la disposition des hospitaliers pour les tester. [Chaabane et al.2007]

[Lamiri.2007] Focalise son travail sur le problème de planification du bloc opératoire avec la prise en compte des incertitudes liées au processus de demande (chirurgie d'urgence) et au processus chirurgical (durée opératoire incertaine).

1.9 Conclusion

L'organisation des activités au sein du bloc opératoire repose en fait sur plusieurs temps et non seulement sur la programmation des actes opératoires. On distingue ainsi, la planification, la programmation, la supervision...

2. Chapitre 2 :

Systeme d'information Hospitalière

2.1 Introduction

La relation complexe entre information et organisation apparaît donc fondée sur un rapport dialectique. L'information permet d'informer l'organisation. L'organisation progresse et apprend. Elle va formuler de nouvelles demandes, qui vont permettre d'organiser l'information et d'approfondir le système d'information. On entre ainsi dans une spirale de progrès mutuels, lorsque l'organisation s'approprie le système d'information et lui renvoie de nouvelles demandes. Malheureusement, cette spirale peut également fonctionner de manière négative, lorsque le système d'information est trop éloigné des besoins de l'organisation ou lorsque l'organisation refuse de se l'approprier.

Dans l'activité de chaque organisation, on utilise une quantité importante d'informations. Qui sont utilisées pour son fonctionnement ou pour communiquer avec son environnement. Le gestionnaire doit être capable de traiter (ou accompagner le traitement) l'information et la rendre utile et rentable pour l'entreprise (organisation).

Ce chapitre pose les notions de base de Système d'information, les systèmes d'information hospitalière (SIH) et comment établir un système d'information informatisée basant sur une méthode de conception des systèmes d'information qui est le plus largement utilisée dans le monde et surtout l'Europe qui la méthode **MERISE**.

2.2 Généralité

2.2.1 Définition d'un système

Le mot système vient de mot grec « systema » qui signifie l'ensemble organisé.

C'est l'ensemble des éléments reliés entre eux et avec un environnement, l'ensemble des parties en interrelation mutuelle [Bertalanffy.1973].

On peut le définir aussi comme la matérialisation d'une correspondance entre des entrées et des sorties, sa réponse dépend son état et ses entrées, il évolue en fonction de temps. (Figure 2.1)

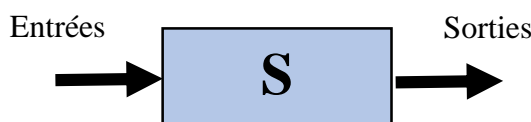


Figure 2-1 : Système à des entrées/sorties.

2.2.2 Objectif d'un système

Tous les systèmes existants ont un objectif bien déterminé, en effet l'ensemble des éléments qui interagissent dans le système sont organisés pour atteindre la raison et le but d'être de tout le système.

2.2.3 Contrôle un système

Afin d'obtenir la finalité d'être du système, ce dernier doit être contrôlé, sans cette essentielle étape la durée de vie d'un système est précaire

Si les sorties s'écartent de l'objectif fixé, l'action de contrôle agira sur les entrées ou sur la fonction de transformation de système ou bien sur les deux fonctions à la fois pour réduire cet écart. (Figure 2.2)

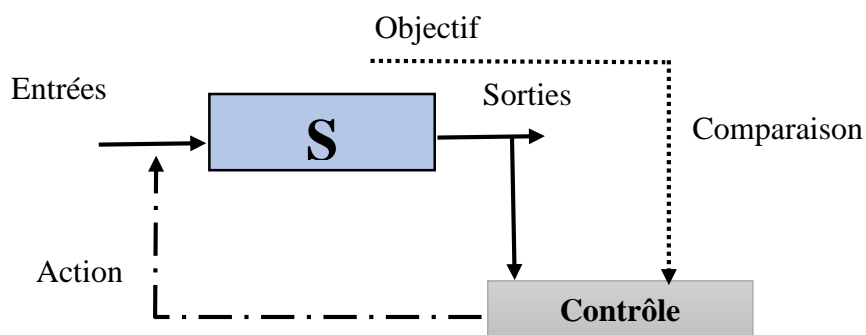


Figure 2-2 : Contrôle des sorties d'un système.

2.2.4 Différent types de système

On peut trouver quatre familles de système

-**Systeme naturels** : tous les systèmes existent naturellement (créé par notre Dieu), qui sont utilisées pour décrire des phénomènes naturels et leurs caractéristiques, on cite : le système solaire, le système cellulaire ...

-**Systeme artificiel** : tous les systèmes lorsque l'être humain intervient, qui servent à décrire des concepts imaginés par l'activité humaines, ils diffèrent selon les domaines, on a le système de télécommunication, les systèmes d'exploitation, les systèmes informatiques...

-**Systeme ouvert** : est un système qui interagit en permanence avec son environnement. L'interaction peut se faire via des informations, des énergies. Par exemple : l'Entreprise, téléphone, phalanstère (communauté), l'ordinateur, les turbines.

-**Systeme fermé** : Un système fermé est un ensemble d'éléments en interaction qui fonctionne sans être influencé par son environnement, c'est-à-dire les systèmes qui fonctionnent en vase clos (ni d'énergie sous forme de travail ou de chaleur, ni de matière) ; exemple : la société secrète,

2.2.5 Définition de l'information

En Latin le terme « Informare » signifie donner une forme, une structure, une signification.

C'est l'action d'informer, de s'informer, de donner la connaissance d'un fait ou de la rechercher. Exemple : la presse d'information.

On peut le définir aussi par une nouvelle, un renseignement, une documentation sur quelque chose ou sur quelqu'un, portés à la connaissance de quelqu'un.

2.3 Système d'information

2.3.1 Définition

Un système d'information (ou SI) est l'ensemble des ressources matériels, logiciels, données, procédures, humains structurés pour acquérir, traiter, mémoriser, classifier, regrouper, diffuser, transmettre, organiser la circulation de l'information et la rendre disponible sous forme de données, textes, sons, images, ... et dans et entre les organisations [Robert .2006].

2.3.2 Objectif

Tout système existant à un objectif fixé et bien déterminé à atteindre. L'organisation crée de la valeur en traitant de l'information, ainsi cette dernière possède une valeur d'autant plus grande qu'elle contribue à l'atteinte des buts de l'organisation.

2.3.3 Fonction

- *La collecte* : recueil, élaboration, génération, acquisition, récolte de l'information brute
- *Le stockage* : mémorisation, enregistrement, conservation, sauvegarde fiable et durable
- *Le traitement* : recherche, calcul, transformation, modification et suppression, comparaison
- *La diffusion* : communication, transport, échanges, etc.

2.3.4 Composants

Pour préciser mieux le fond d'un SI en décrivant trois notions suivant :

A/ La matière informationnelle : qui comprend :

- La donnée : c'est la matière de base pour un SI qui contient des données non traitées.
- L'information : c'est le résultat obtenu après le traitement des données par le SI.
- La connaissance : est une information qui intègre un retour d'expérience comme l'avis d'un expert.

B/ La structure :

Pour gérer l'information, il est important de la structurer et l'organiser avant pouvoir l'exploiter dans un domaine précis.

C/ Les traitements :

Ce sont tous les transformations des données en information.

2.3.5 Qualité

Un SI est efficace s'il délivre la bonne information, au bon destinataire, au bon moment et sous la bonne forme.

Un SI de bon qualité doit être répondre à des contraintes suivantes :

- La rapidité et la facilité d'accès aux informations.
- La fiabilité, la pertinence et l'intégrité des informations.
- La sécurité et la confidentialité des informations.

2.4 Informatisation de SI

2.4.1 Définition

Un système d'information informatisé(SII) ou système automatisé(SIA) d'une organisation est un sous-ensemble du système d'information dans lequel toutes les transformations

significatives d'information, les traitements sont programmés, partiellement ou intégralement, sur ordinateur.

Le SIA permet la conservation et le traitement automatique des informations.

2.4.2 Les caractéristiques d'un SI

Le schéma ci-dessous montre les différentes interactions, à mettre en œuvre au sein du système d'information (Figure 2.3)

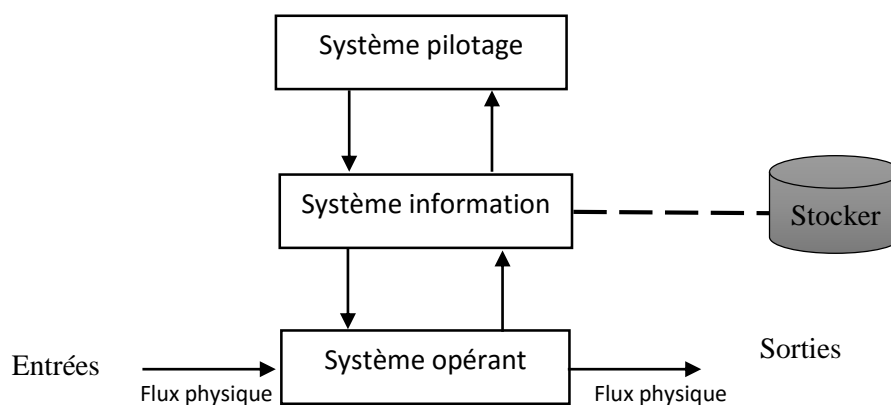


Figure 2-3: les caractéristiques d'un SI.

- **Systeme de pilotage** : c'est le système responsable à définir tous les règles qui adaptent l'organisation, allouer les ressources nécessaires aux services et suivre leur activité, ajuster et contrôler l'utilisation des ressources.

-**Systeme d'information** : c'est l'ensemble des composants chargés de recevoir, traiter, mémoriser et transmettre les informations en provenance ou à destination des deux autres sous-systèmes.

-**Systeme opérant** : c'est le système qui gère tous les flux physiques d'entrée (matières premières, finances...) et ceux de sortie, faire l'exécution des directives du système de pilotage et l'informe de la progression de son activité.

2.4.3 Etat de l'art

Les systèmes d'information s'imposent actuellement comme un élément stratégique pour l'entreprise tant dans sa recherche d'efficacité organisationnelle que dans sa recherche de compétitivité sur les marchés. Les hôpitaux se rendent progressivement compte des effets positifs d'un système d'information. Ils réalisent en effet que la maîtrise des flux informationnels concernant le patient améliore sa sécurité, et qu'un outil de gestion de l'information permet de décloisonner une organisation connaissant des problèmes de communication non seulement entre services mais également au sein d'un même service. Par ailleurs, la mise en œuvre d'un système d'information approprié peut engendrer une meilleure connaissance de l'activité [Romeyer et Bongiovanni. 2000] La communication de Romeyer et Bongiovanni a étudié comment certains hôpitaux publics français en arrivent à développer des systèmes d'information caractérisés par une traçabilité des activités du personnel médico soignant, leur permettant d'assurer une continuité au niveau de la prise en charge des patients.

Les auteurs distinguent deux types de système d'information : systèmes d'information centrés patients et systèmes d'information centrés activités (SICA). Pour ce qui concerne les SICA, ce type de système d'information repose sur une traçabilité de toute l'activité générée autour du patient. Ils permettent de connaître l'activité et d'avoir des données nécessaires à la modélisation et la simulation des systèmes hospitaliers afin d'objectiver certaines décisions organisationnelles ou opérationnelles.

La mise en place d'un système de suivi d'activités (Patient Tracking System PTS) dans un service de chirurgie ambulatoire a permis, grâce à la saisie de 17 temps, de construire 11 durées d'activité correspondant aux 11 étapes du processus du soins [Rotondi et al.1997]. La variabilité des durées est due aux deux raisons suivantes : la diversité des procédures opératoires qui sont réalisées ou le manque d'organisation et de synchronisation du flux de patients. Ce système a permis l'évaluation de taux d'utilisation des salles d'opérations.

Lapierre et al. [Lapierre et al.1999a] proposent une stratégie pour construire un système de mesures évaluant les temps de délivrance des soins dans les organisations de soins afin d'identifier les retards et leur différentes sources. Ces retards dans la délivrance des soins provoquent le stress et la non-satisfaction des patients.

L'article [Gonzalez-Martinez et al.1997] présente un système d'ordonnancement et de suivi de la production dans un service d'urgences. Les fonctionnalités du système et les choix en termes d'interfaces (capteurs, actionneurs) sont décrits. Levecq P., Meskens, N., Artiba, A [Levecq et al. 2003] sont utiliser une approche data mining pour la spécification des durées opératoires en milieu hospitalier. [Degoulet.2005] [Chaabane et al.2007]

2.4.4 La base de données (ou BD)

Collection de données inter reliées, stockées ensemble pour servir une ou plusieurs applications en parallèle, de façon optimale.

Stockage des données indépendant des programmes d'utilisation.

Approche commune pour incorporer de nouvelles données, pour modifier et retrouver les données actuelles.

On peut la définir aussi par un ensemble structure de données enregistrées avec le minimum de redondance pour satisfaire simultanément plusieurs utilisateurs de façon sélective en un temps opportun.

2.4.5 Système de gestion bases de données (SGBD)

Est un logiciel qui prend en charge la structuration, le stockage, la mise à jour et la maintenance d'une base de données. Il est l'unique interface entre les informaticiens et les données (définition des schémas, programmation des applications), ainsi qu'entre les utilisateurs et les données (consultation et mise à jour) par exemple : Oracle, MySQL, Access, SQL, PHP...

2.4.5.1 Les caractéristiques d'un SGBD

L'architecture à trois niveaux définie par le standard ANSI/SPARC permet d'avoir une indépendance entre les données et les traitements. D'une manière générale un SGBD doit avoir les caractéristiques suivantes : [W4]

- **Indépendance physique** : le niveau physique peut être modifié indépendamment du niveau conceptuel. Cela signifie que tous les aspects matériels de la base de données n'apparaissent pas pour l'utilisateur, il s'agit simplement d'une structure transparente de représentation des informations

Indépendance logique : le niveau conceptuel doit pouvoir être modifié sans remettre en cause le niveau physique, c'est-à-dire que l'administrateur de la base doit pouvoir la faire évoluer sans que cela gêne les utilisateurs

- **Manipulabilité** : des personnes ne connaissant pas la base de données doivent être capables de décrire leur requête sans faire référence à des éléments techniques de la base de données
- **Rapidité des accès** : le système doit pouvoir fournir les réponses aux requêtes le plus rapidement possibles, cela implique des algorithmes de recherche rapides
- **Administration centralisée** : le SGBD doit permettre à l'administrateur de pouvoir manipuler les données, insérer des éléments, vérifier son intégrité de façon centralisée
- **Limitation de la redondance** : le SGBD doit pouvoir éviter dans la mesure du possible des informations redondantes, afin d'éviter d'une part un gaspillage d'espace mémoire mais aussi des erreurs
- **Vérification de l'intégrité** : les données doivent être cohérentes entre elles, de plus lorsque des éléments font référence à d'autres, ces derniers doivent être présents
- **Partage-abérite des données** : le SGBD doit permettre l'accès simultané à la base de données par plusieurs utilisateurs
- **Sécurité des données** : le SGBD doit présenter des mécanismes permettant de gérer les droits d'accès aux données selon les utilisateurs.

2.4.5.2 Objectifs des SGBD

- **Faciliter la représentation et la description de données** : plus besoin de travailler directement sur les fichiers physiques (tels qu'ils sont enregistrés sur disque). Un SGBD nous permet de décrire les données et les liens entre elles d'une façon logique sans se soucier du comment cela va se faire physiquement dans les fichiers. On parle alors d'image logique de la base de données, (ou aussi description logique ou conceptuelle ou encore de schéma logique).
- **Faciliter la manipulation en travaillant directement sur le schéma logique** : On peut insérer, supprimer, modifier des données directement sur l'image logique. Le SGBD va s'occuper de faire le travail sur les fichiers physiques
- **Permettre l'ajout des contraintes, permettant d'avoir à tout instant des données cohérentes** : par exemple l'âge d'une personne supérieur à zéro, salaire supérieur à zéro, etc. Dès que l'on essaie de saisir une valeur qui ne respecte pas cette contrainte, le SGBD le refuse. [Christian.2012]

2.5 Les méthodes de conception des systèmes d'information

Quelques méthodes existantes :

- **MERISE : Méthode d'Etude et de Réalisation Informatique pour les Systèmes d'Entreprises.**

Méthode de conception informatique des systèmes d'information

La démarche de développement d'un système d'information est conduite suivant 3 axes appelés cycles

Le cycle de vie : Se situe sur une échelle de temps du point de départ à l'exploitation du système.

Selon merise est découpé en 3 périodes : la conception du SI, la réalisation du programme, la maintenance

Le cycle de décision : représente l'ensemble des choix qui doivent être fait durant le déroulement du cycle de vie. L'entreprise s'assure que le système correspond aux objectifs, et prend différents types de résolutions.

Le cycle d'abstraction : A pour but de découper le SI en niveaux :
Le niveau conceptuel, le niveau logique et le niveau technique.

- **AXIAL : analyse et conception des systèmes d'informations assistés par logiciel.**

C'est une méthode partant d'un modèle conceptuel pour aboutir à des moyens informatiques dans le cadre d'une démarche allant de la planification à la mise en œuvre.

Les démarches d'AXIAL

- ⇒ Phase 1 : Diagnostic d'Adéquation du système d'information
- ⇒ Phase 2 : Diagnostic d'Équipement des postes de travail
- ⇒ Phase 3 : Schéma directeur de développement
- ⇒ Phase 4 : Conception fonctionnelle
- ⇒ Phase 5 : Conception des systèmes techniques
- ⇒ Phase 6 : Plan de réalisation
- ⇒ Phase 7 : Réalisation d'une application collective
- ⇒ Phase 8 : Maintenance et bilans

- **SSADM: Structured Systems Analysis and Design Method.**

SSADM : Analyse structurée des systèmes et de la méthode de conception
c'est une autre méthode traitant de la conception des systèmes d'information. Il a été développé au Royaume-Uni par CCT (ordinateur central et Agence des télécommunications) dans les années 1980. Il est procédé standard du gouvernement britannique pour procéder à l'analyse du système et les étapes de conception d'un projet de technologie de l'information.

Les étapes de SSADM :

Étude de faisabilité : consiste en une analyse de haut niveau d'un secteur d'activité pour déterminer si elle est possible pour le développement d'un système particulier.

Analyse des besoins : Dans la phase d'analyse requise, les besoins sont identifiées et l'environnement d'affaires actuel est modélisé, les options du système de l'entreprise sont produites et présentées. Une de ces options sera choisie ensuite raffinée

Spécification des exigences : Dans la spécification requise, les exigences fonctionnelles et non fonctionnelles sont spécifiées en tant qu'un résultat de l'étape précédente.

Spécification de système logique : Dans cette étape, le développement et l'environnement de mise en œuvre sont précisés, et la conception logique de mise à jour et de traitement des réclamations et du système dialogues sont effectuées.

Conception physique : Au cours de cette étape, la spécification du système logique et la spécification technique sont utilisées pour créer un design physique et un ensemble de spécifications du programme.

Parmi toutes les méthodes précédentes le plus utilisées est la méthode Merise.

2.6 Méthode MERISE

2.6.1 Définition

Méthode française d'Etude et de Réalisation Informatique pour les Systèmes d'Entreprises qui aide à la conception des systèmes d'information

Autrement dit, MERISE est une méthodologie de conception, de développement et de réalisation de projets informatiques, dans le but est d'arriver à concevoir un système d'information. MERISE est basée sur la séparation des données et des traitements à effectuer en plusieurs modèles conceptuels et physiques.

Aujourd'hui encore, la méthode Merise est la méthode de conception de systèmes d'information la plus largement pratiquée en France. Au début des années 90, des enquêtes ont révélé que 50 % des services informatiques déclarent utiliser une méthode de conception, et que parmi eux, 75 % ont choisi la méthode MERISE. Cette réussite se concrétise par la présence sur le marché d'outils de conception dédiés à la méthode MERISE [Nanci et al.2001].

2.6.2 Les composants de MERISE

La méthode de conception de système d'information s'inscrit dans trois dimensions exprimant :

- la démarche ou cycle de vie,
- le raisonnement ou cycle d'abstraction
- la maîtrise ou cycle de décision.

Cycle de vie : c'est l'axe de temps.

Cycle de décision : on décide d'abord au niveau de l'entreprise entière, puis de chacun des domaines qui la composent. L'automatisation de ces domaines débouche sur un plusieurs projets.

Cycle d'abstraction : il permet de modéliser le système à chaque étape selon 3 niveaux de description : * conceptuel
* organisationnel
* opérationnel

La mise en œuvre de la méthode Merise doit toujours se repérer par rapport à ces trois dimensions

2.6.3 Les démarches de Merise (Modélisation de B.D)

La force de MERISE vient de ce qu'à chaque étape, on s'efforce de modéliser le système d'information selon trois niveaux suivants.

2.6.3.1 Le modèle conceptuel de données MCD (*Quoi ? Combien ? Pourquoi ?*)

La modélisation conceptuelle est la représentation graphique des différentes entités du monde réel ainsi que la relation entre ces entités en respectant certains symboles de représentation. L'objectif du modèle conceptuel de données est d'identifier, de décrire par des informations et de modéliser ces objets et associations

Le résultat de la modélisation conceptuelle est appelé MCD (Modèle Conceptuel de Données).

Le MCD est une description concise des exigences de l'utilisateur.

2.6.3.2 Le modèle logique de données MLD (*Qui ? Quand ? Où ?*)

La modélisation logique consiste à convertir le modèle conceptuel en un modèle proche de l'ordinateur (tient compte des choix concernant le système de gestion de la base de données) qu'on appelle **MLD** (Modèle logique de donnée).

Le modèle logique le plus utilisé est le **modèle Relationnel** associé à la base de données relationnel (Oracle, Informix, SQLserver, ..., Access, Foxpro, Paradox, ...).

2.6.3.3 Le modèle physique ou opérationnelle (*Comment ?*)

Cette étape consiste à implémenter le modèle dans le SGBD, c'est-à-dire le traduire dans un langage de définition de données.

Le langage généralement utilisé pour ce type d'opération est le SQL, et plus spécialement le langage de définition de données du SQL.

2.7 Système d'information Hospitalière

2.7.1 Qu'est-ce que l'hôpital

Est un établissement public qui reçoit des malades, blessés, victimes trop complexe à traiter à domicile ou dans le cabinet de médecin, sont destinées à traiter, soigner, opérer, aider à guérir...

L'hôpital est en quelque sorte un système producteur de santé, pour assurer sa fonction il dispose de certaines ressources et emploie un personnel nombreux réparti en catégories aux fonctions distinctes. (*Figure 2.4*)

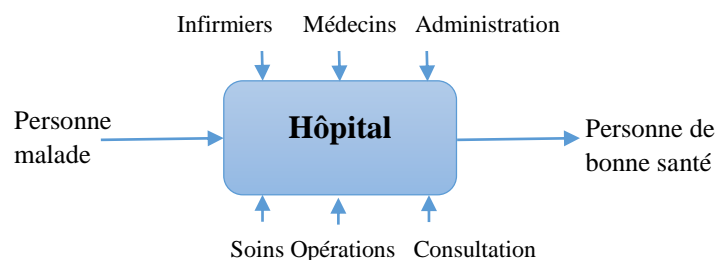


Figure 2-4: le système hospitalier.

2.7.2 Définition Système d'information de l'hôpital

Ensemble des éléments en interaction ayant pour objectif de rassembler, traiter et fournir les informations nécessaires à son activité.

2.7.3 Définition Système d'information hospitalière(SIH)

Système informatique destiné à faciliter la gestion de l'ensemble des informations médicales et administratives d'un hôpital.

Le système d'information hospitalière est inséré dans l'organisation « Hôpital » en perpétuelle évolution, selon les règles et modes prédéfinis, il est capable d'acquérir des données, de les évaluer, de les traiter par des outils informatiques ou organisationnels, de distribuer des informations à tous les partenaires internes ou externes de l'établissement. Parmi les objectifs d'un SIH :

- La conservation et l'échange des données.
- La disponibilité de l'information.
- L'amélioration de la qualité des soins.
- Le partage de l'information.
- Le gain de temps : diminution de la durée de séjour du patient.
- La maîtrise des coûts.
- La réduction des erreurs.

2.7.4 Composants d'un SIH

Le système d'information hospitalière se compose de trois sous-systèmes principaux : le système administratif, la médicotéchnique et la logistique. (Figure 2.5)

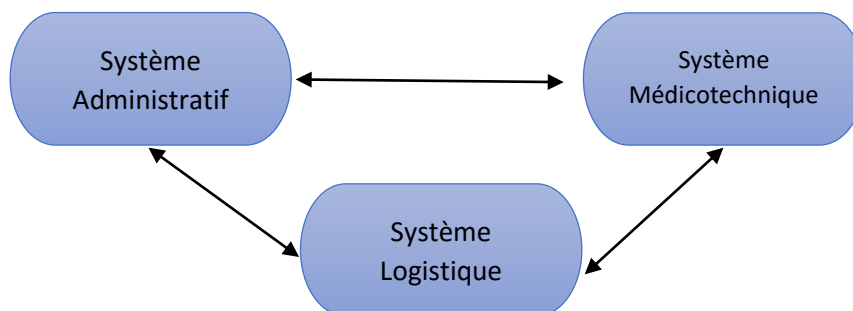


Figure 2-5: les composantes de SIH.

Systeme administratif : Il est composé de la direction générale, du service financier, du service du personnel, etc. L'équipe de la direction comprend couramment quelques dizaines de personnes, nombre assez faible par rapport à celui que nous trouvons dans les entreprises industrielles de même importance. [Jebali.2004]

Systeme Medicotechniques : Il est constitué des unités où s'effectuent un certain nombre d'actes nécessitant des technologies importantes, soit thérapeutiques, soit d'aide au diagnostic. Ces unités travaillent pour les services cliniques et les consultations. Le plateau technique regroupe un plateau d'imagerie médicale, un plateau de biologie médicale et un plateau médicoteknique. [Jebali.2004]

Systeme logistique : Il prend en charge l'hébergement des malades et effectue différentes tâches à destination des unités précédemment décrites. Il s'agit essentiellement de la restauration, de la blanchisserie et du transport des malades, de consommables, d'examens, etc. [Hammami.2006]

2.7.5 Les avantages de SIH

Le SIH apporte aujourd'hui plusieurs avantages représentés suivants :

- Amélioration de la Qualité des soins ;
- Maîtrise des coûts ;
- Amélioration de la qualité des soins ;
- Maîtrise des coûts ;
- Amélioration des communications ;
- Réduction des délais d'attente ;
- Aide à la prise de décision ;
- Réduction des durées des séjours ;
- Réduction des tâches administratives ;
- Diminution du personnel ;
- Un meilleur accès à l'information, et donc une accélération du processus décisionnel, tant sur le plan médical que le plan gestion.

2.7.6 Conception du système informatique de l'hôpital

Le SI est une réalité intrinsèque à l'hôpital, indépendante de toute informatisation, il se situe au cœur du fonctionnement de l'établissement de santé, il couvre l'ensemble des informations utilisés dans l'hôpital.

La mise en place d'un système informatique est souvent l'occasion de son réexaminer, en vue automatiser recouvre généralement les fonctions de mémorisation et de communication, voire de traitement. L'information (la réorganisation), la formalisation et l'automatisation des flux d'information devraient apporter une gestion plus rationnelle de son activité, une meilleure connaissance de la fonction de l'hôpital, une amélioration de la qualité des soins, un meilleur support de recherche et l'enseignement.

Quelques principes doivent guider la mise en place du système informatique de l'hôpital :

- conception global ;

- Position centrale du malade et de son dossier ;
- Saisie unique de l'information à la source, partage et retour de l'information ;
- Souplesse : interface accessible par la communication des utilisations ;
- Mémorisation et communication ;
- Protection des données ;
- disponibilité.

D'autre part, l'analyse des flux comme le respect de ses principes conduit à proposer une organisation structurel des SI concentré sur :

- L'identification des malades ;
- Déplacement ;
- Fonctions cliniques ;
- Administration ;
- Gestion.

Cette gestion organisation ne préjuge pas de la configuration matérielle du système informatique, laquelle est également conditionnée par la taille et le mode de fonctionnement, l'identification et le mouvement des malades.

2.8 Conclusion

On peut conclure de ce qui précède que les ressources humaines seront à la fois sujets et objets dans le système d'information.

Toute évolution du système d'information, quel que soit le domaine, va impliquer une démarche de gestion des ressources humaines, facteur déterminant dans la réussite ou l'échec des projets SI. Mais la gestion des ressources humaines au niveau de l'hôpital amenant à traiter de très nombreuses données, le SIHRH va constituer un domaine très important du SI global de l'organisation.

3. Chapitre 3 :
Présentation
de
CHU Tlemcen

3.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter le centre hospitalier universitaire de Tlemcen, puis l'étude de cas qui consiste à ordonnancer et planifier le bloc opératoire. On a commencé par une brève présentation de CHU de Tlemcen suivi par un court historique. On a mentionné son organigramme et ses services basant sur les départements chirurgicaux existant aussi les chirurgies fournies par le bloc opératoire de la chirurgie B on a fini par décrire la politique de service au niveau de cette chirurgie choisie ; commençant de la réception des dossiers patients par le médecin responsable passent par la mise en œuvre du programme opératoire et fini par l'exécution et la validation de ce programme on a fermé ce chapitre par notre problématique.



3.2 Présentation CHU de Tlemcen

L'établissement occupe une superficie de 13 hectares.

Le Centre Hospitalo-universitaire Dr Tidjani Damerdji de Tlemcen est d'architecture pavillonnaire.

Il est actuellement constitué de 44 services et laboratoires spécialisés.

Le centre Hospitalo-universitaire Dr Tidjani Damerdji de Tlemcen dispose d'une capacité d'accueil de 646 lits et couvre une population de 1.5 millions de citoyens.

3.3 Historique

La construction de l'hôpital civil de Tlemcen a débuté en 1947 et achevée en 1954. C'était l'hôpital colonial de la ville de Tlemcen. A l'indépendance, il est secteur sanitaire et universitaire de Tlemcen/Sebdou.

En 1986, il est érigé en centre hospitalier universitaire par décret exécutif n° 86.306 du 16 décembre 1986.

Il prend le nom du docteur TIDJANI DAMERDJI, médecin, patriote de la 1ère heure, martyr de la révolution algérienne, tombé au champ d'honneur le 17 avril 1957.

Une triple mission est alors confiée à l'établissement :

- Soins
- Enseignement
- Recherche

3.4 Organigramme

La direction est structurée de la façon suivante (voir Figure3-1) ;

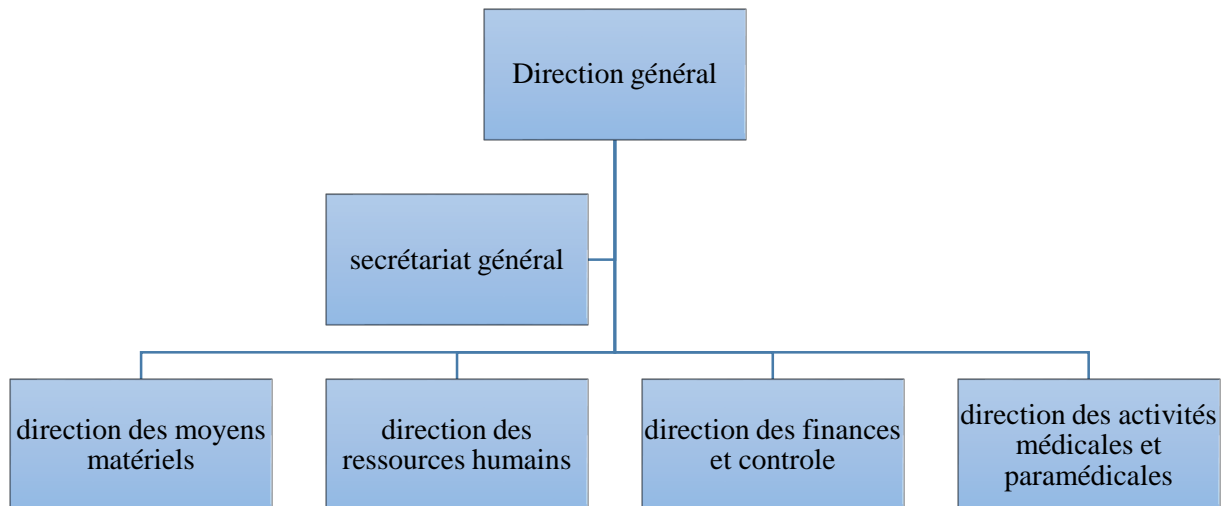


Figure 3-1 : l'organigramme de la direction du CHU Tlemcen.

Le conseil scientifique regroupe les chefs de services, son président est élu parmi les chefs de services pour une durée de 3 ans. Le conseil scientifique est une instance consultative qui se réunit en session ordinaire tous les 2 mois, en session extraordinaire à la demande des 2/3 de ses membres ou à la demande du directeur général.

3.5 Activités

Le Centre Hospitalo-universitaire Dr Tidjani Damerdji de Tlemcen dispense des prestations orientées selon trois axes majeurs, à savoir les soins, la formation médicale et paramédicale et enfin la recherche.

En ce qui concerne l'offre de soins, les différents professionnels de la Santé du Centre Hospitalo-universitaire Dr Tidjani Damerdji de Tlemcen coordonnent leurs efforts afin d'assurer des soins de qualité au malade ainsi qu'un confort appréciable lors de son hospitalisation. Un centre de consultation spécialisée performant et un service d'urgences entièrement rénové viennent d'ouvrir pour pallier aux besoins des malades.

Les différents départements existants dans cette établissement est représenté dans l'organigramme suivant ;

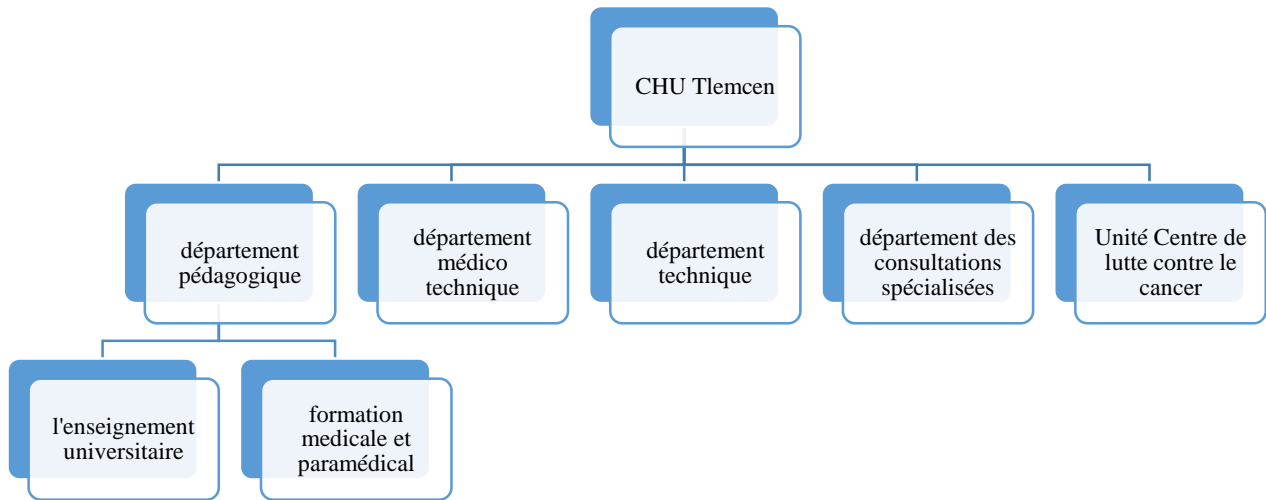


Figure 3-2 : Organigramme des différents départements de CHU Tlemcen.

CHU de Tlemcen est composé de cinq départements distinct chaque une a son fonction opérationnel, Ce dernier est mentionner si dessous :

Département pédagogique : se désigne à l'art de l'éducation. Le département rassemble les méthodes et pratiques d'enseignement universitaires requises pour transmettre des compétences, c'est-à-dire un savoir, un savoir-faire ou un savoir-être concernant le domaine médical et paramédical.

Département médico technique (médico chirurgicale) : regroupe toutes les disciplines visant au diagnostic et/ou au traitement des maladies.

Département technique : se décompose par des cellules et des unités techniques comme les laboratoires, le plateau technique (IRM, Scanner,...).

Département des consultations spécialisées : est situé dans le quartier de Boudghen à Tlemcen. Il englobe toutes les spécialités médicales et chirurgicales.

Unité centre de lutte contre le cancer : Projet de réalisation d'un centre de lutte contre le cancer Universitaire de la wilaya de Tlemcen avec une Superficie Générale : 27.374,43 m² et un nombre de lit : 150.

Dans le CHU les départements principales et fonctionnels c'est le département technique et le département médico technique ; ces deux dernières unités sont subdivisées à des sous unités comme nous avons montré dans le tableau si dessous :

Départements médico-chirurgicale		Département technique		
Les services Spécialités médicales	Spécialités chirurgicales	Spécialités médico-dentaires	Plateau technique	Laboratoires hospitalo- universitaires
19 unités Anesthésie- Réanimation Pédiatrie Cardiologie Hématologie Maladies infectieuses Néphrologie Neurologie Psychiatrie	8 unités Chirurgie générale A Chirurgie générale B Chirurgie ortho- traumatologie Chirurgie urologique Neurochirurgie Ophtalmologie Urgences Médico- Chirurgicales	5 unités Prothèse dentaire Parodontologie	8 unités Anatomie pathologique Biochimie Hémobiologie et Banque de sang Microbiologie Radiologie Toxicologie	11 unités principales Anatomie Biophysique Pharmacie galénique Pharmacologie Physiologie Toxicologie

Tableau 3-1: Représentation de différentes spécialités des différents départements.

La capacité technique :

CHU de Tlemcen est représenté comme une grande société publique hospitalière grâce à son immense capacité technique comme indiquer le tableau suivant :

Département	Lits technique	Service	Unités constructives	Lits organisées
Chirurgie	283	08	23	308

Chirurgie dentaire	-	1	5	-
Médecine	360	17	48	359
Plateau technique	3	7	18	-
Total	646	33	84	667

Tableau 3-2: La capacité technique de CHU Tlemcen.

3.6 Les relations extérieures

Le CHU de Tlemcen est aujourd'hui en relation avec 3 établissements de santé français :

- **Le CHRU de Montpellier**
Avec lequel une convention a été établie et qui en voie de mise en œuvre.
- **Le CHU d'Angers**
Avec ce CHU, le volet greffe rénale a été développé, une dizaine de greffes ont été réalisées à ce jour.
- **Le CHU de Lille**
La visite de Mme Martine AUBRY, Maire de Lille, a été suivie par la rédaction d'un protocole d'intention entre les deux établissements de santé de Tlemcen et de Lille afin de développer une coopération scientifique.
Ce projet est au stade de l'étude.

3.7 La chirurgie B

Le service est un service de chirurgie générale, La chirurgie générale « B » est constitué de 7 unités :

- Chirurgie Oncologie et Chirurgie de œsophage
- Hospitalisation Hommes
- Hospitalisation Femmes
- Consultations
- Chirurgie hépatobiliaire
- Chirurgie endocrinienne
- hernie, éventration.

3.8 La politique de gestion dans le service chirurgie B

Dans le cheminement chirurgical le patient passe obligatoirement par le bloc opératoire pour subir une intervention chirurgicale. L'ensemble des autres possibilités de cheminement est appelé non chirurgical.

La figure suivante illustre de façon macroscopique les principaux trajets que le patient peut suivre au sein de l'hôpital.

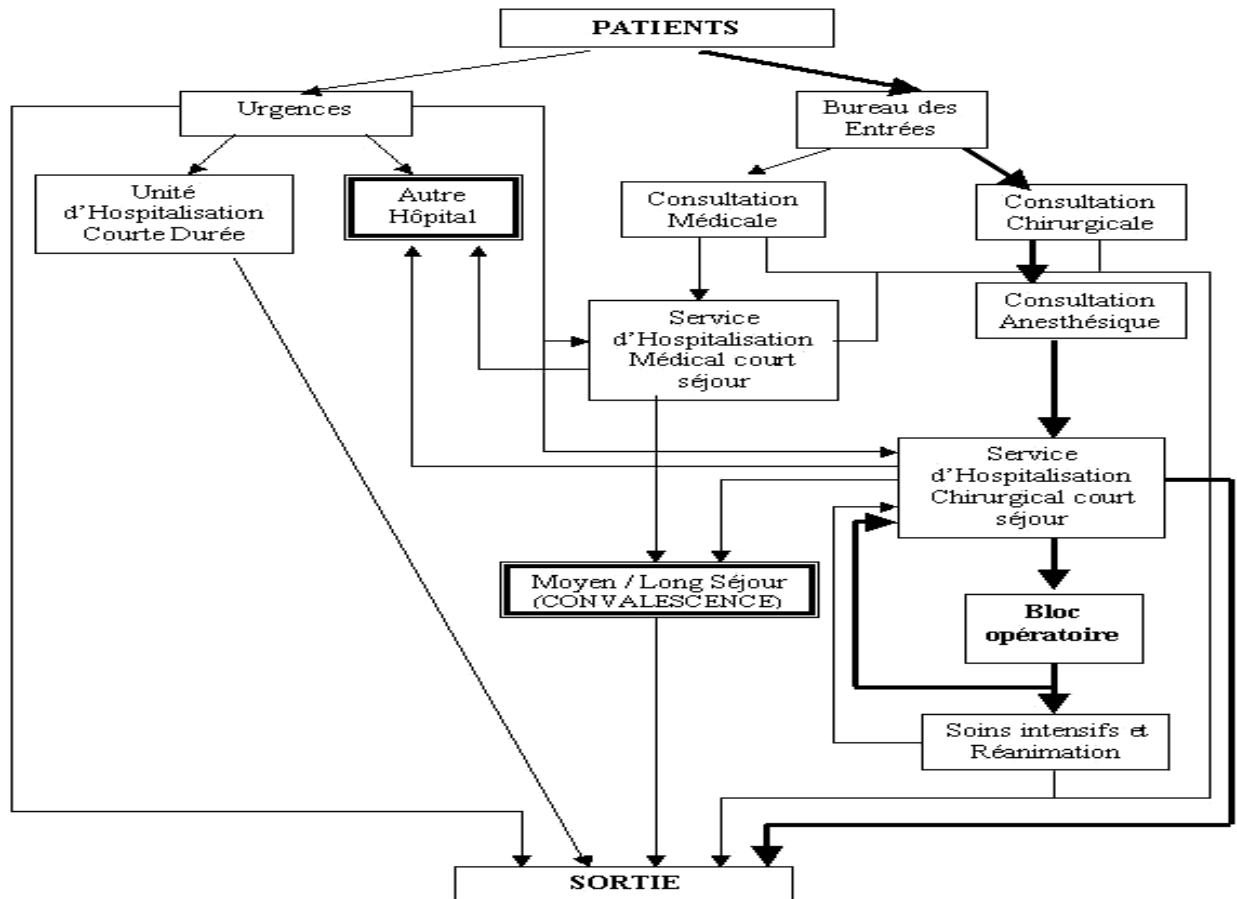


Figure 3-3 : Trajectoire du patient. [Chaabane.2005]

Le patient vient consulter un chirurgien, le rendez-vous de consultation ayant été fixé lors d'un appel téléphonique par le patient à la secrétaire qui s'occupe des prises des rendez-vous. Le chirurgien remplit au cours de la consultation un dossier chirurgical sur le patient, en indiquant principalement les différents examens complémentaires à faire avant l'intervention. Une infirmière peut intervenir lors de cette activité en cas de nécessité de prélèvements.

La secrétaire fixe en fin de consultation les dates d'hospitalisation et d'intervention suivant différents critères (indications du chirurgien, disponibilités connues du bloc opératoire, etc.). Le rôle de secrétaire peut être assuré par une secrétaire ou par un infirmier diplômé d'état. Le patient passe ensuite au bureau des médecins anesthésistes-réanimateurs où il est accueilli par une secrétaire pour la consultation anesthésique. Le médecin anesthésiste-réanimateur remplit au cours de la consultation un dossier d'anesthésie sur le patient et prescrit les différents examens complémentaires nécessaires avant l'intervention. Une infirmière peut intervenir lors de cette activité en cas de nécessité de prélèvements.

Suivant la programmation opératoire établie pour une semaine donnée se déclenche tout un processus pour opérer les patients. Ce processus nécessite la disponibilité de plusieurs intervenants : des Chirurgiens, des Médecins Anesthésistes Réanimateurs, des Infirmiers Diplômés d'Etat, des Infirmiers de Bloc Opératoire Diplômés d'Etat, des Infirmiers Anesthésistes Diplômés d'Etat, des secrétaires, et des aides-soignants.

Suivant le planning journalier des interventions programmées et les ajouts d'interventions pour un jour donné, le médecin anesthésiste-réanimateur et une Infirmier Anesthésiste Diplômé d'Etat affectée à une salle d'opérations préparent les matériels d'anesthésie généraux

et spécifiques selon les indications du dossier d'anesthésie du patient à opérer. Ensuite, ils anesthésient le patient avec l'aide d'un aide-soignant

Selon les informations mentionnées dans le dossier chirurgical du patient, le chirurgien, L'Infirmier de Bloc Opératoire Diplômé d'Etat circulante, instrumentiste, le médecin anesthésiste réanimateur,

L'Infirmier Anesthésiste Diplômé d'Etat et les aides-soignants, préparent le patient pour l'intervention et installent les matériels chirurgicaux généraux et spécifiques.

Une fois le patient prêt à être opéré, le chirurgien pratique l'intervention avec l'aide du reste de l'équipe : l'Infirmier de Bloc Opératoire Diplômé d'Etat et aides-soignants.

Une fois l'intervention terminée, le patient opéré est transporté en salle de surveillance post interventionnelle (SSPI) par le médecin anesthésiste-réanimateur, L'Infirmier Anesthésiste Diplômé d'Etat et l'aide-soignant, accompagné de son dossier d'anesthésie.

La stérilisation du matériel peut être réalisée parallèlement aux interventions dans une salle de stérilisation spécifique par les Infirmiers de Bloc Opératoire Diplômés d'Etat et les aides-soignants.

A la fin de ce processus, le patient opéré sera apte à quitter le service d'hospitalisation de chirurgie. Un dossier Patient ainsi que des lettres de suivi seront archivés. [Chaabane.2005]

Problématique

Le service d'ordonnancement gère les flux et l'information, Il centralise l'information nécessaire pour la prise en charge du patient. Celle-ci est ensuite redistribuée au bloc ou aux autres services. Son objectif est de bien accueillir le patient et de maximiser l'utilisation du bloc opératoire pour pouvoir répondre positivement à un maximum de demandes. « *Malgré l'urgence, le patient doit avoir le sentiment d'être accueilli et attendu. Dans le même temps, cette introduction d'un nouveau patient doit déstabiliser le moins possible la programmation* » (responsable ordonnancement).

Aujourd'hui les informations passent par la cellule d'ordonnancement. L'accueil suppose un rendez-vous, un lit, une salle au bloc avec tout le personnel et le matériel disponible. Pour organiser le moment de l'entrée, l'ordonnancement part à la fois de la disponibilité du lit et de celle du bloc. Pour le bloc, parfois l'intervention est simple, facile à gérer. Mais si le matériel est complexe, cela suppose un délai. Si un lit est disponible, le service vérifie que l'opération est possible au bloc.

Tout ce qui est programmé est donné le jeudi ; le bloc doit téléphoner à l'ordonnancement qui centralise la programmation et émet des avis lors des changements de programmation. Une grille de programme est affichée sur écran, les secrétaires consultation regardent le programme sur l'écran, voient un créneau, téléphonent à l'ordonnancement pour voir si cela est possible.

Le bloc valide ensuite et met à disposition une salle.

En retour en fin de procédure le changement sera répercuté auprès des différents services concernés (gestion des lits et blocs pour adaptation du programme sur ordinateur).

Nous avons identifié quatre problèmes de gestion en cas général :

- programmation des interventions,
- définition des plages horaires d'ouverture des salles d'opérations,
- définition d'une SI (BDD) informatisé spécialisé au bloc opératoire,
- planification du bloc opératoire
- et ordonnancement des interventions.

Ces problèmes de gestion ne sont pas indépendants et toute limitation de l'un d'entre eux se répercute sur les autres.

En cas particulier au CHU Tlemcen :

- La saturation du centre hospitalo-universitaire (C.H.U) de Tlemcen par les évacuations des patients d'autre région du pays (Ain Temouchent, Naàma, etc.)
- L'insuffisance en capacité d'hospitalisation (nombre de lits limités et surface de l'établissement insuffisante).
- Un déséquilibre entre le ratio nombre d'habitants /demandeur de soins et le nombre de lits disponibles.
- Le manque de certaines spécialités (chirurgie thoracique, vasculaire, cardiaque, radiothérapie, réanimation pédiatrique).
- La faiblesse du fonctionnement (service d'urgence, les accès, les flux...) et du plateau technique c'est d'abord la démotivation du personnel
- Insuffisance des ressources humaines en temps réel ;

L'ordonnancement et la planification étudié dans ce travail relative à un département chirurgical « bloc opératoire de chirurgie B » de CHU Tlemcen. Ce bloc est composé de deux salles opératoires et une salle de réveil avec une équipe chirurgicale qui est affectée à des différentes salles opératoires où une même salle peut comprendre un ou plusieurs interventions (patient).

Le bloc opératoire reçoit quotidiennement des différentes demandes des interventions chirurgicale (selon le besoin) et elle doit satisfaire ces demandes sachant que :

- Le bloc doit organiser les différents types d'interventions demandés par les différents chirurgiens selon les cas des patients durant une courte période.
- Une intervention peut nécessite un ou plusieurs types de ressource selon le besoin.
- Le nombre d'interventions livrées peut être différentes le nombre d'interventions demandées.
- Parfois le bloc exige que les chirurgiens doit demander un nombre d'interventions équivalente à la capacité des salles, ces quantités ne représentent pas forcément le vrai besoin du patient.
- Les chirurgiens souhaitent le plus souvent travailler toujours avec les mêmes personnes.

On constate une certaine régularité d'affectation pour les patients aux salles, les ressources humaines chirurgicales. Tout changement peut en effet déstabiliser les conditions du geste opératoire ;

Ceci est lié en partie à une logique opératoire : selon les opérations, les instruments varient, les positions du patient également, la manière de servir le chirurgien varie donc en fonction de la technique ; mais ce besoin de stabilité est aussi lié à un besoin de confort psychologique. Sans doute n'est-il pas trop fort de parler de couple de travail chirurgien-infirmière ; le terme de couple de préférence à celui de binôme évoque la charge affective liée à l'entraide et au service effectué. Le chirurgien voit son environnement de travail stabilisé, il y gagne en rapidité et en efficacité, il réduit sa charge émotionnelle. L'infirmière quant à elle connaît les demandes du chirurgien, peut répondre rapidement, sans risque d'erreur et donc de rebuffades. « Le chirurgien fait l'ambiance », tel est le constat de nombre de personnels soignants. De nombreuses infirmières ont dit la difficulté que les chirurgiens avaient d'accepter un nouveau personnel et de nouvelles manières de faire. En servant le même chirurgien, elles réduisent les incertitudes, le risque de s'exposer à des remontrances voire aux colères du chirurgien. Ceci bien entendu ne va pas toujours dans le sens d'une maximisation

d'occupation des salles et du personnel. C'est pourquoi les responsables de bloc ne peuvent pas toujours privilégier les regroupements chirurgiens/infirmières.

Tous ces gestes opératoires précédents pour établir un programme opératoire fiable et pertinent ;

Le service au patient passe par des rendez-vous précis et par une capacité à dispenser une information exacte c'est pour ça une bonne gestion des chaînes d'activité autour du patient permet la coordination des interventions. Il s'agit de bien informer le patient des procédures administratives, des procédures de soin et d'intervention chirurgicale. Enfin un des enjeux est de réduire le temps d'attente du patient et des intervenants, de fiabiliser les différents rendez-vous.

Notre travail consiste essentiellement à trouver des solutions optimales des interventions, d'une part en maximisant l'utilisation des salles de bloc en se basant sur la satisfaction du patient, du équipe chirurgicales autant que possible, en maximisant l'utilisation de bloc opératoires. D'une autre part en intégrant un SI au sein de ce bloc pour faciliter la circulation des informations rapidement.

4. Chapitre 4 :

La gestion de

bloc opératoire

proposé

4.1 Introduction

Le temps représente historiquement un indicateur important dans les cas de gestion. Donc c'est l'enjeu principal de toute société. Ce facteur donne une valeur aux organisations, pour cela on trouve que toutes les sociétés sont prêtes de faire des changements important et nécessaire dans la structure ou bien dans les méthodes et les décisions pour minimiser le temps. Dans notre mémoire et dans cette partie on a concentré de minimisé le makspan et généré les données de bloc opératoire de la **chirurgie B** à CHU de Tlemcen automatiquement. Dans ce chapitre on a donné les paramètres puis les variables de décisions suivi par la formulation mathématique de problème et ces contraintes on a entamé aussi les données de chirurgie B basant sur la base de données qui déjà créer, on a simulé le modèle et on a mentionné les résultats avec une interprétation pour chaque instance et on a fini par une conclusion.

4.2 La formulation mathématique du problème

4.2.1 La première formulation mathématique du problème

Ce première formulation pour un problème d'ordonnancement de type flow shop.

- **Les paramètres**

n : nombre d'interventions.

m : nombre de salles.

T_0 : le temps opératoire de l'intervention.

D : le temps de début de l'intervention i à la salle p .

s : indice de salle où $s \in \{1, \dots, m\}$.

i : indice d'intervention où $i \in \{1, \dots, n\}$.

P : indice de position où $p \in \{1, \dots, n\}$.

Variable de décision

$$X_{i,p} = \begin{cases} 1 & \text{si l'intervention } i \text{ est affecté à la salle } p. \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

- **La fonction objective :**

$$\min \sum_{i=1}^n x(i, n) * TO(i, m) + D(n, m) \quad 1$$

- **Les contraintes**

$$\sum_{i=1}^n x(i, p) = 1 \quad \forall p \in \{1, \dots, n\} \quad 2$$

$$\sum_{p=1}^n x(i, p) = 1 \quad \forall i \in \{1, \dots, n\} \quad 3$$

$$D(p + 1, 1) \geq D(p, 1) + \sum_{i=1}^n x(i, p) * TO(i, 1) \quad \forall p \in \{1, \dots, n-1\} \quad 4$$

$$D(1,1) \geq 0 \quad 5$$

$$D(1, s + 1) \geq D(1, s) + \sum_{i=1}^n x(i, 1) * TO(i, 1) \quad \forall s \in \{1, \dots, m-1\} \quad 6$$

$$D(p + 1, s + 1) \geq D(p + 1, s) + \sum_{i=1}^n x(i, p + 1) * TO(i, 1) \quad 7$$

$$\forall p \in \{2, \dots, n\} ; \forall s \in \{1, \dots, m-1\}$$

$$D(p + 1, s) \geq D(p, s) + \sum_{i=1}^n x(i, p) * TO(i, s) \quad 8$$

$$\forall p \in \{1, \dots, n - 1\}; \forall s \in \{2, \dots, m\}$$

$$x(i, p) \in \{0,1\} \quad 9$$

Le modèle mathématique inspiré de [Belkaid, 2013] est constitué d'une fonction objective donné par l'équation (1), cette dernière permet de minimiser la durée d'ouverture d'un bloc opératoire.

- **Explication des contraintes :**

La contrainte (2) veut dire que chaque position p n'est affecté qu'une seul intervention i dans la séquence.

La contrainte (3) signifie que chaque intervention i n'occupe qu'une seule position p dans la séquence.

La quatrième contrainte (4) pour calculer la date de début du i en position p sur la salle S.O.

Dans la contrainte (5) on initialise la date de début de l'intervention i en position p sur la S.O ≥ 0 .

La sixième contrainte (6) doit calculer la date de début de l'intervention i en position 1 sur la salle ms.

La relation de la précédence entre deux interventions successive d'une même salle est définie par la contrainte (7).

La contrainte (8) assure que l'intervention i en position p+1 ne puisse pas commencer son traitement tant que l'intervention précédente n'a pas terminé.

La contrainte (9) signifie la nature de la variable de décision qui est binaire.

□ **Simulation du modèle mathématique**

La simulation de modèle est faite à l'aide du logiciel Lingo10 .On a pris plusieurs exemples de nombres de salle opératoire et lits de réveil ainsi que le nombre d'interventions.

Lorsqu'on ajoute une salle ou une intervention on simule pour calculer le temps de complétion et les comparer.

□ **Expérimentations**

Comme nous l'avons précisé précédemment, dans le but d'analyser notre modèle mathématique, nous effectuons plusieurs simulations et les résultats sont donnés dans les tableaux ci-dessous.

Une SO et un lit de réveil et 3 interventions

• **Données :**

Le même temps opératoire (to)

20 40
20 40
20 40

Des temps opératoires différents

15 50
30 20
12 40

• **Résultats :**

Valeur objective	140
Affectation	I2→I3→I1

Tableau 4-1 : résultat de simulation du modèle pour une SO et 3 interventions.

```

X( I1, 1) 0.000000
X( I1, 2) 0.000000
X( I1, 3) 1.000000
X( I2, 1) 1.000000
X( I2, 2) 0.000000
X( I2, 3) 0.000000
X( I3, 1) 0.000000
X( I3, 2) 1.000000
X( I3, 3) 0.000000
    
```

Model Class:	IP
State:	Global Opt
Objective:	140
Infeasibility:	0
Iterations:	6

Figure 4-1: résultat de simulation du modèle pour une SO et 3 interventions sur LINGO.

Valeur objective	122
Affectation	I3→I2→I1

Tableau 4-2: résultat de simulation du modèle pour une SO avec des temps opératoire différents.

X(I1, 1)	0.000000
X(I1, 2)	0.000000
X(I1, 3)	1.000000
X(I2, 1)	0.000000
X(I2, 2)	1.000000
X(I2, 3)	0.000000
X(I3, 1)	1.000000
X(I3, 2)	0.000000
X(I3, 3)	0.000000

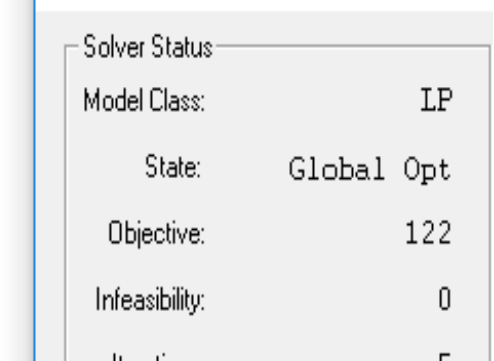


Figure 4-2: résultat de simulation du modèle pour une SO avec des temps opératoire différents sur LINGO.

• **Discussion :**

Pour un bloc opératoire d'une seule salle opératoire, un lit de réveil avec trois interventions qui déroulent au sein de ce dernier, on remarque que la valeur de la fonction objective se diffère on variant le temps opératoire.

On distingue aussi que le séquençement varie d'un cas à un autre selon les valeurs de temps opératoire afin d'optimiser le makespan.

4.2.2 La deuxième formulation mathématique (modèle de base)

Cette deuxième formulation pour un problème d'ordonnancement de type flow shop flexible.

▪ **Contraintes et fonction objective**

$$\min Z$$

$$z = \max\{p \sum_{i=1}^n x(i, p) * TO(i, h) + D(p, h) \} \quad 1$$

$$\sum_{i=1}^n x(i, p) = 1 \quad \forall p \in \{1, \dots, n\} \quad 2$$

$$\sum_{p=1}^n x(i, p) = 1 \quad \forall i \in \{1, \dots, n\} \quad 3$$

$$D(p + 1, 1) \geq D(p, 1) + \sum_{i=1}^n x(i, p) * TO(i, 1) \quad \forall p \in [1, n - 1] \quad 4$$

$$D(1, 1) \geq 0 \quad 5$$

$$D(1, e + 1) \geq E(1, e) + \sum_{i=1}^n x(i, 1) * TO(i, e) \quad \forall e \in [1, h - 1] \quad 6$$

$$D(p, e + 1) \geq D(p, e) + \sum_{i=1}^n x(i, p) * TO(i, e) \quad \forall p \in [2, n], \quad 7$$

$$\forall e \in [1, h - 1]$$

$$F(p, 1) = \sum_{i=1}^n x(i, p) * TO(i, 1) + D(p, 1) \quad \forall p \in \{1, \dots, n\} \quad 8$$

$$F(p, 2) = \sum_{i=1}^n x(i, p) * TO(i, 2) + D(p, 2) \quad \forall p \in \{1, \dots, n\} \quad 9$$

$$x(i, p) \in [0, 1] \quad \forall p \in \{1, \dots, n\}, \forall i \in \{1, \dots, n\} \quad 10$$

$$D(p, e) \geq 0 \quad \forall p \in \{1, \dots, n\}, \forall e \in \{1, \dots, h\} \quad 11$$

Le modèle mathématique est constitué d'une fonction objective donné par l'équation (1), cette dernière permet de minimiser le temps de fermeture de dernières interventions par utilisation makspan en flow shop hybride à deux étages.

Explication des contraintes :

La contrainte (2) veut dire que chaque position p n'est affecté qu'une intervention i dans la séquence.

La contrainte (3) signifie que chaque intervention i n'occupe qu'une seule position p dans la séquence.

La quatrième contrainte (4) nous permet de calculer la date de début du i en salle p sur le premier étage.

Dans la contrainte (5) on initialise la date de début de l'intervention i en salle p sur le premier étage ≥ 0 .

La sixième contrainte (6) doit calculer la date de début de l'intervention i en salle k sur l'étage e .

La relation de la précédence entre deux interventions successive est définie par la contrainte (7).

La contrainte (8) permet de calculer la date de fin de l'intervention i à l'étage 1.

Par contre la contrainte (9) va calculer la date de fin de l'intervention i au deuxième étage.

La contrainte (10) signifie la nature de la variable de décision qui est binaire.

Dans la contrainte (11) on va trouver la nature de la variable D qui doit être positive.

Paramètre :

h : le nombre d'étages.

i : indice d'intervention où $i \forall i \in \{1, \dots, n\}$.

p : indice de position où $\forall p \in \{1, \dots, n\}$.

e : indice d'étage où $\forall e \in \{1, \dots, h\}$.

TO : le temps opératoire de l'intervention i à l'étage e .

D : le début de l'intervention i à la position p à l'étage e .

F : la fin de l'intervention i à l'étage e dans la position p .

Variable de décision

$$X_{i,p} = \begin{cases} 1 & \text{si l'intervention } i \text{ est affecté à la position } p. \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Simulation du modèle mathématique

La simulation de modèle est faite à l'aide du logiciel Lingo10 .On a pris plusieurs exemples de nombres de salle opératoire et lits de réveil ainsi que le nombre d'interventions.

Lorsqu'on ajoute une salle ou une intervention on simule pour calculer le temps de complétion et les comparer.

Expérimentation

Comme nous l'avons précisé précédemment, dans le but d'analysé notre modèle mathématique, nous effectuons plusieurs simulations et les résultats sont donnés dans les tableaux si dessous.

- **Une salle opératoire et trois interventions avec disponibilité de lits de réveil**

TO=

15 50
30 20
12 40

Résultat

Valeur objective	77
Affectation	I3→I1→I2

Tableau 4-3 : résultat de simulation du modèle pour une SO et 3 interventions avec disponibilité de lits de réveil.

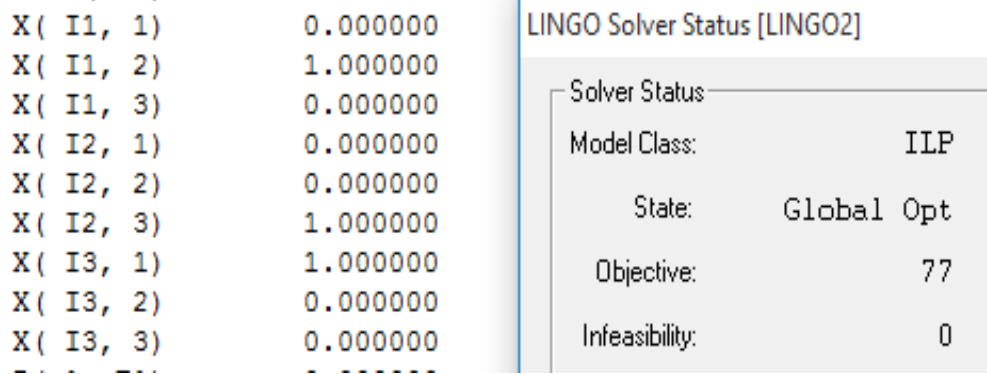


Figure 4-3: résultat de simulation du modèle pour une SO et 3 interventions avec disponibilité de lits de réveil sur LINGO.

- Une salle opératoire et six interventions avec disponibilité de lits de réveil

TO=

40	70
30	100
40	40
30	0
20	100
50	60

Résultat

Valeur objective	220
Affectation	I5→I1→I2→I6→I3→I4

Tableau 4-4: résultat de simulation du modèle pour une SO et 6 interventions avec disponibilité de lits de réveil.

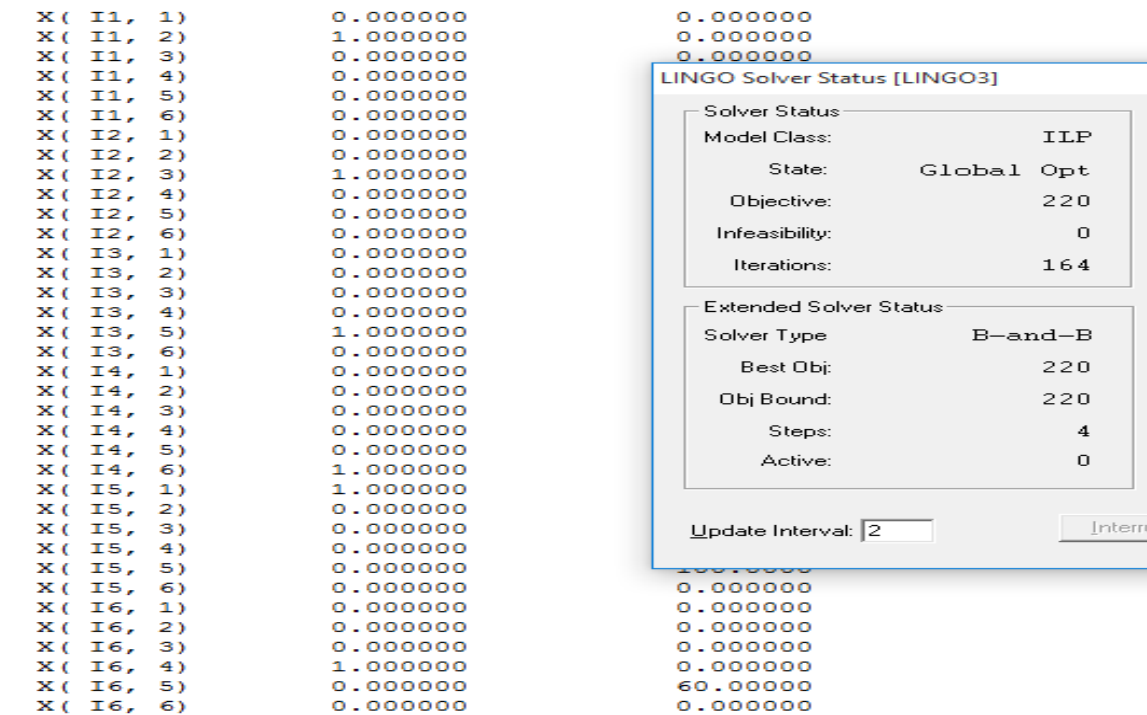


Figure 4-4: résultat de simulation du modèle pour une SO et 10 interventions avec disponibilité de lits de réveil sur LINGO.

Discussion

La première simulation nous montre la différence entre les deux modèles mathématiques proposés. Où on trouve une différence de la valeur objective (elle se diminue). De plus le séquençement des interventions se défère.

La deuxième simulation nous montre que le modèle peut dépasser trois interventions et aller jusqu'à 6 ou plus. La valeur objective de trois interventions n'est pas la même de celle de six.

4.2.3 La troisième formulation mathématique du problème

a. Le temps de préparation

- La variable de décision

$$X_{i,p} = \begin{cases} 1 & \text{si l'intervention } i \text{ est affecté à la position } p \text{ d.} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

- La fonction-objectif

On va garder la même fonction objective et les mêmes contraintes du modèle précédent, mais nous allons supposer cette fois-ci qu'on a un temps de préparation pour chaque

intervention i qu'on appelle T_p , qui doit inclure le temps de nettoyage de la salle, le temps de repos de chirurgien, plus le temps de préparation de patient.

- **La contrainte ajoutée**

$$D(p + 1, 1) \geq D(p, 1) + \sum_{i=1}^n x(i, p) * TO(i, 1) + x(i, p) * tp(i)$$

$$\forall p \in [1, n - 1]$$

Le modèle mathématique est constitué d'une fonction objective donnée par l'équation (1) de modèle de base, cette dernière permet de minimiser le temps de fermeture de la dernière intervention par utilisation du makspan en flow shop hybride

- **Explication détaillée de la contrainte ajoutée :**

L'ajout de cette contrainte va nous permettre de considérer le temps de préparation de l'intervention, où il va inclure : le temps de préparation de patient, le temps de repos de chirurgien et le temps de nettoyage de la salle.

Expérimentation

- **Une salle opératoire et six interventions avec disponibilité de lits de réveil**

TO=

40	70
30	100
40	40
30	0
20	100
50	60

tp= 20

10

10

15

15

20 ;

Résultats

Valeur objective	285
Affectation	I5 → I1 → I2 → I6 → I3 → I4

Tableau 4-5 : résultat de simulation du modèle pour une SO en considérant le temps de préparation.

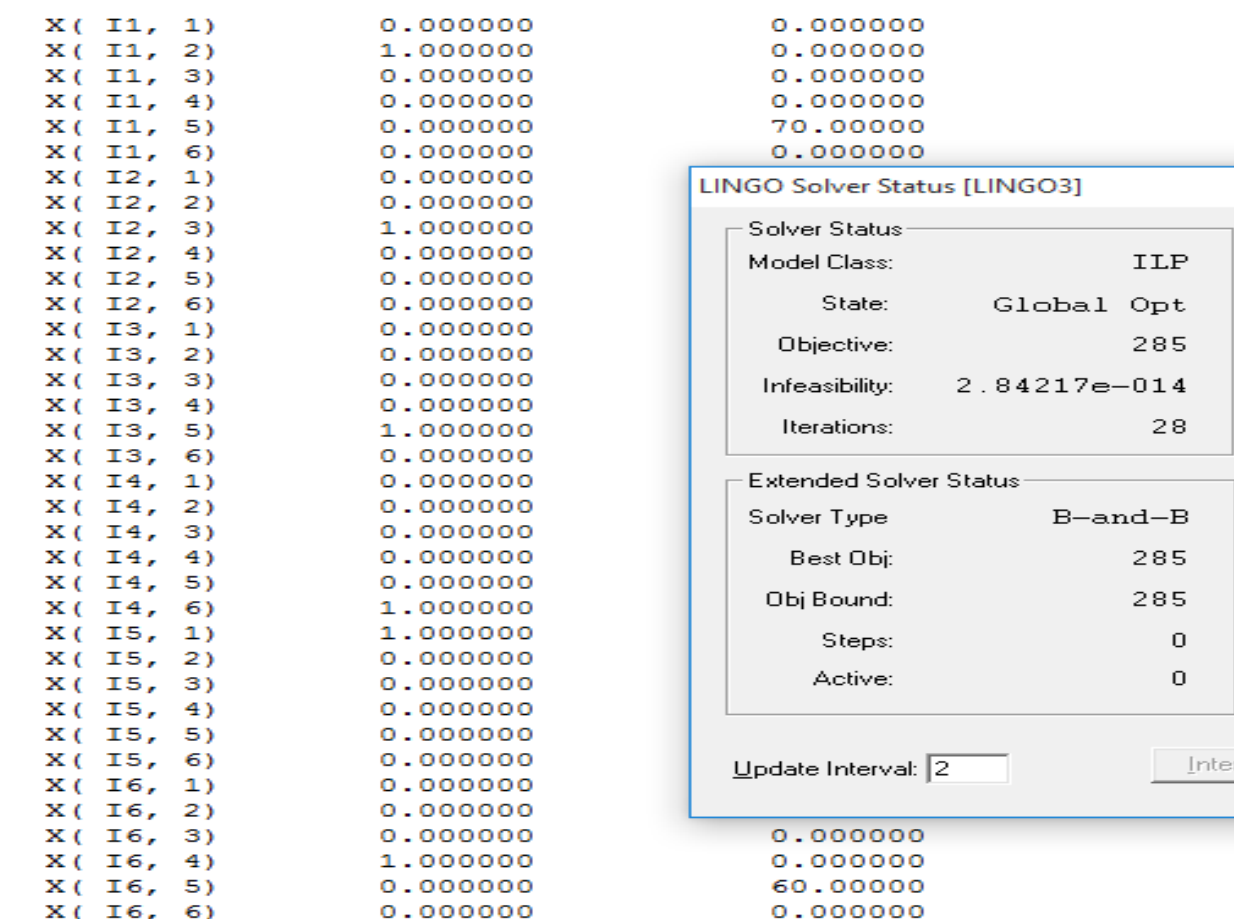


Figure 4-5 : résultat de simulation du modèle pour une SO on considérant le temps de préparation sur LINGO.

Discussion

Quand nous avons ajouté cette contrainte au modèle précédent, on remarque que la valeur de la fonction objective change.

Le positionnement des interventions aussi change où on doit commencer cette fois ci par l'intervention 6 au lieu de l'intervention 5, qui vas être à la deuxième position.

b. La disponibilité des chirurgiens

Toujours on ajoutant sur notre modèle de base, et cette fois ci nous allons supposer qu'il y a un temps de disponibilité des chirurgiens.

L'indice :

ch : indice de chirurgien.

c : le nombre de chirurgiens.

dispo : indice de disponibilité du chirurgien.

La contrainte ajoutée

$$D(p, 1) \geq \text{dispo}(ch) \quad \forall p \in \{1, \dots, n\}, \forall ch \in \{1, \dots, c\}$$

- **Explication détaillée de la contrainte ajoutée :**

Par cette contrainte on veut dire que, si le chirurgien n'est pas disponible au moment de l'intervention, cette dernière ne peut pas commencer.

Expérimentation

- **Une salle opératoire et six interventions avec disponibilité de lits de réveil**

TO=

40	70
30	100
40	40
30	0
20	100
50	60

tp= 20
10
10
15
15
20 ;

Dispo= 50

80 ;

Résultat

Valeur objective	365
Affectation	I5→I1→I2→I6→I3→I4

Tableau 4-6: résultat de simulation du modèle pour une disponibilité des chirurgiens.

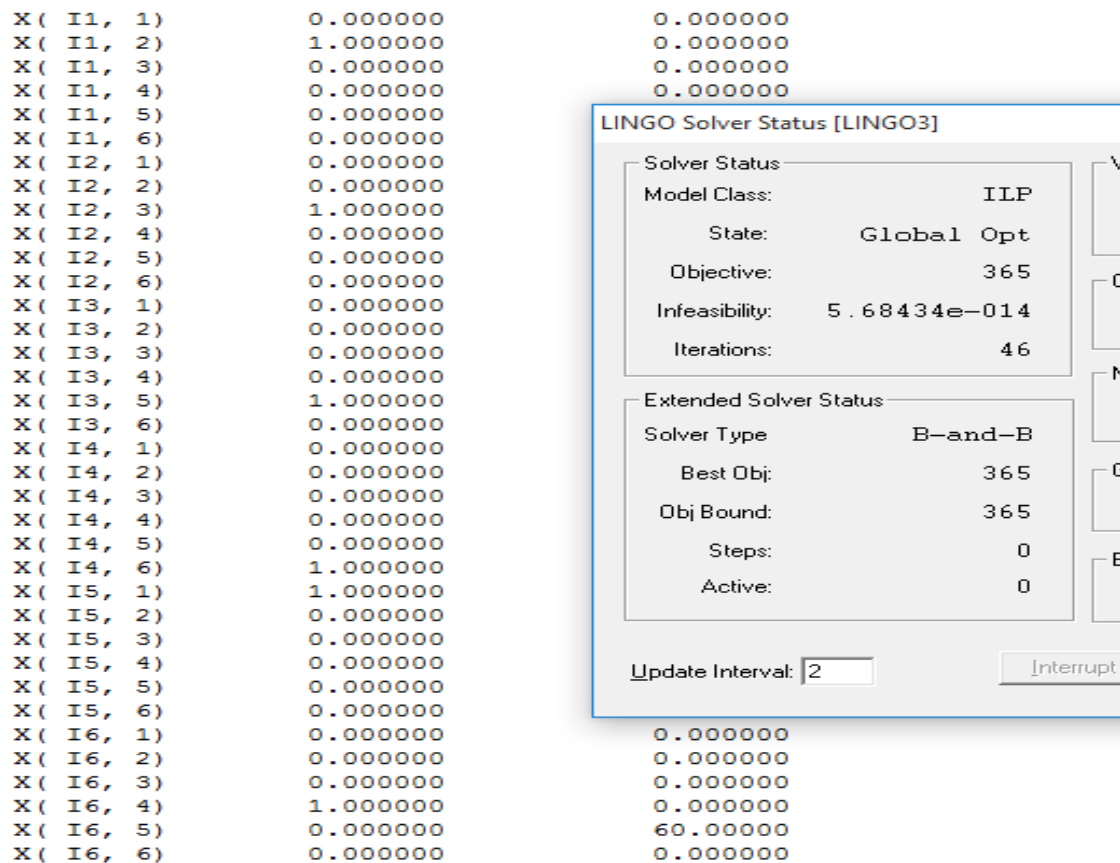


Figure 4-6: résultat de simulation du modèle pour une disponibilité des chirurgiens.

Discussion

On distingue que la valeur de la fonction objective va changer, où la date de début de la première intervention va être 80.

Aussi le séquençement des interventions, nous n’allons pas le garder et dans ce cas c’est l’intervention 1 qui se trouve à la dernière position.

c. Limité la capacité d’un étage (S.O/S.R)

On va dire qu’on ne peut pas ordonnancer les interventions sur une capacité inférieure de celle du S.O /S.R

La contrainte ajoutée

$$\sum_{\substack{1 \leq i \leq n \\ 1 < p < n}} x(i, p) \leq \text{cap}(e) \quad \forall e \{1, h\}$$

- Explication détaillée de la contrainte ajoutée :

La contrainte qu’on a ajoutée va limiter la capacité des étages.

Expérimentation

- Une salle opératoire et six interventions avec disponibilité de lits de réveil

TO=

40	70
30	100
40	40
30	0
20	100
50	60

tp= 20

- 10
- 10
- 15
- 15
- 20 ;

Dispo= 50

80 ;

Cap= 6

6 ;

Résultats

Valeur objective	365
Affectation	I5→I1→I2→I6→I3→I4

Tableau 4-7: résultat de simulation du modèle pour une capacité limitée.

X(I1, 1)	0.000000	0.000000
X(I1, 2)	1.000000	0.000000
X(I1, 3)	0.000000	0.000000
X(I1, 4)	0.000000	0.000000
X(I1, 5)	0.000000	0.000000
X(I1, 6)	0.000000	0.000000
X(I2, 1)	0.000000	0.000000
X(I2, 2)	0.000000	0.000000
X(I2, 3)	1.000000	0.000000
X(I2, 4)	0.000000	0.000000
X(I2, 5)	0.000000	0.000000
X(I2, 6)	0.000000	0.000000
X(I3, 1)	0.000000	0.000000
X(I3, 2)	0.000000	0.000000
X(I3, 3)	0.000000	0.000000
X(I3, 4)	0.000000	0.000000
X(I3, 5)	1.000000	0.000000
X(I3, 6)	0.000000	0.000000
X(I4, 1)	0.000000	0.000000
X(I4, 2)	0.000000	0.000000
X(I4, 3)	0.000000	0.000000
X(I4, 4)	0.000000	0.000000
X(I4, 5)	0.000000	0.000000
X(I4, 6)	1.000000	0.000000
X(I5, 1)	1.000000	0.000000
X(I5, 2)	0.000000	0.000000
X(I5, 3)	0.000000	0.000000
X(I5, 4)	0.000000	0.000000
X(I5, 5)	0.000000	0.000000
X(I5, 6)	0.000000	0.000000
X(I6, 1)	0.000000	0.000000
X(I6, 2)	0.000000	0.000000
X(I6, 3)	0.000000	0.000000
X(I6, 4)	1.000000	0.000000
X(I6, 5)	0.000000	60.000000
X(I6, 6)	0.000000	0.000000

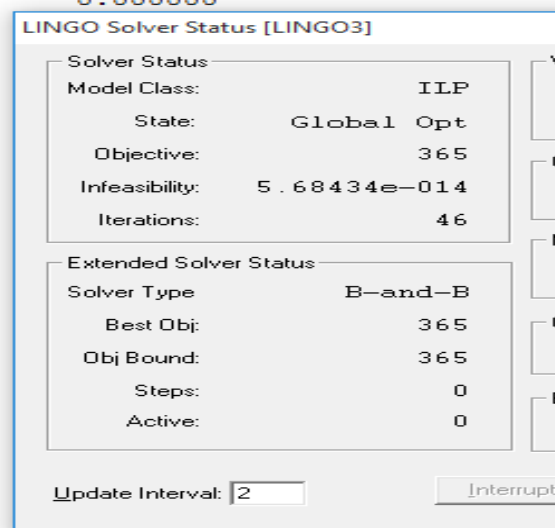


Figure 4-7: résultat de simulation du modèle pour une capacité limitée sur LINGO.

Expérimentation

Si nous allons garder le même temps opératoire mais on modifie la capacité où on la pose inférieure à celle de nombre de position (n).

Cap= 6

5 ;

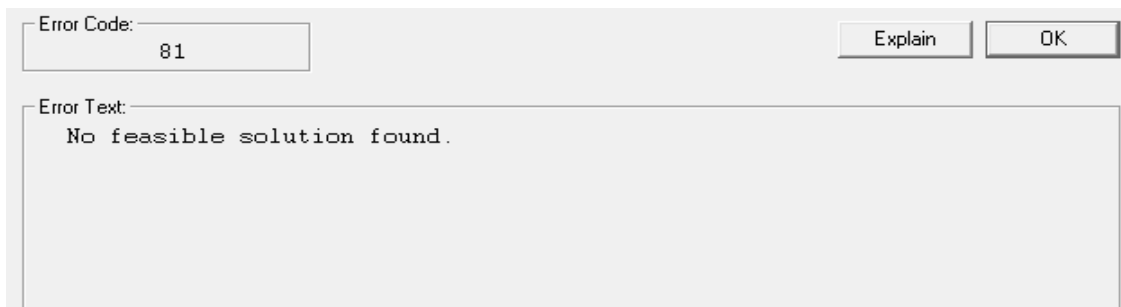


Figure 4-8: Figure 4 6 : résultat de simulation du modèle pour une capacité limité inférieur à n sur LINGO.

- **Discussion :**

Pour un bloc opératoire d'une seule salle opératoire, avec six interventions qui déroulent au sein de ce dernier, on remarque que la valeur de la fonction objective ne se diffère pas on variant la capacité de la salle de réveil.

Le séquençement ne va pas être différent car les temps opératoires n'avaient pas changé.

Le modèle vas nous donner une solution infaisable, si on n'a entré une valeur de capacité inférieur à celle du n, car il ne va pas mettre les interventions à toute les positions.

.

4.3 Modélisation du système

La modélisation de notre application a été faite en se basant sur la méthode MERISE. Comme nous avons mentionné auparavant dans le deuxième chapitre.

4.3.1 L'architecture du système

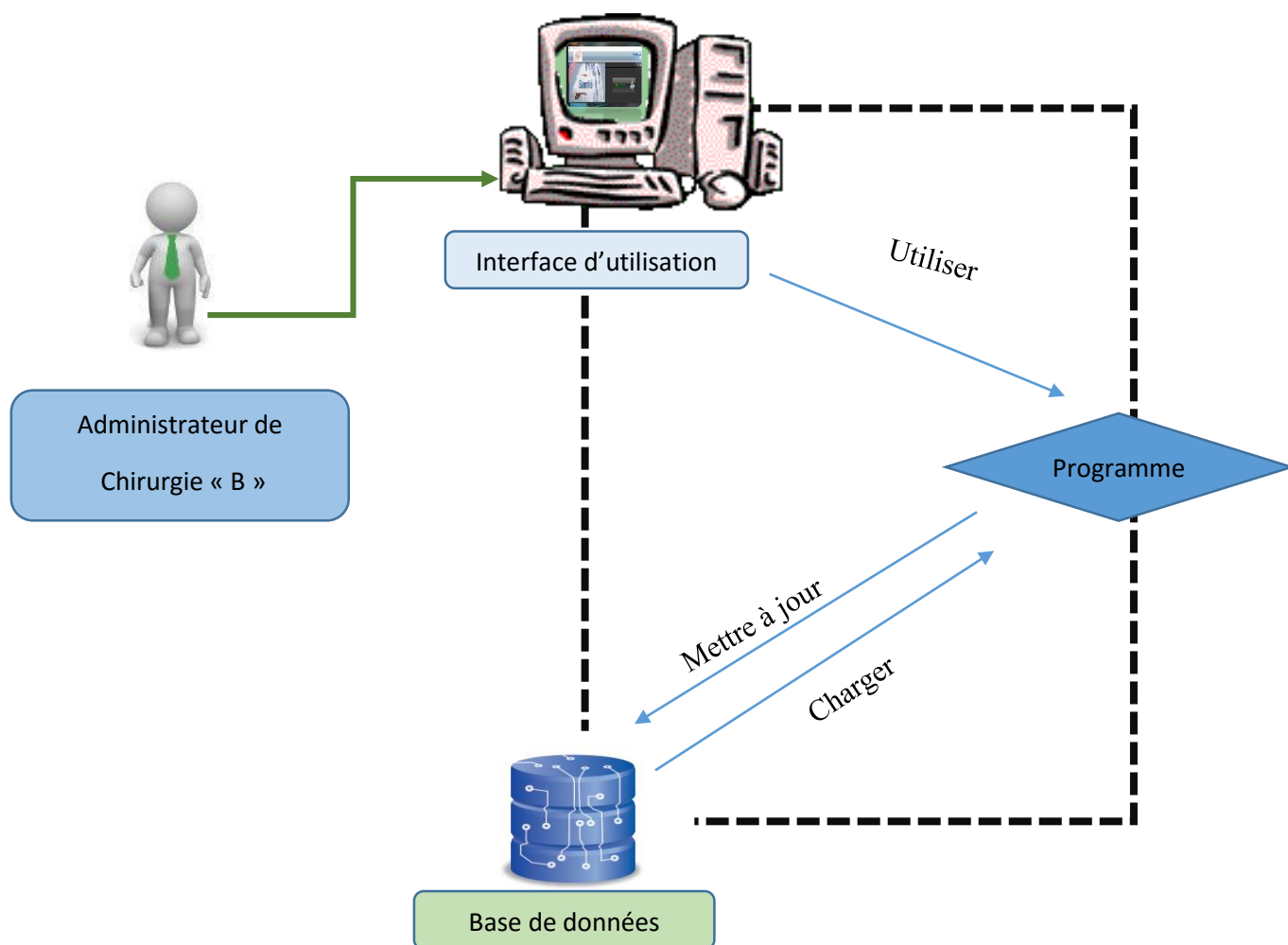


Figure 4-9: L'architecture du système proposée.

L'administrateur : est un individu qui est un membre de l'équipe ou un gestionnaire de bloc opératoire et qui est la main d'ajouter, supprimer, modifier et mettre à jour le BDD de bloc opératoire.

4.3.1.1 Cahier de charge

Pour implémenter un SI efficace tout d'abord il faut collecter tous les informations nécessaires après l'étude de faisabilité qui est effectué afin d'obtenir un cahier de charges complet ensuite élaborer la méthode MERISE.

4.3.1.2 MCD

Après l'analyse de besoin effectuée, les données sont conçues comme une représentation graphique **MCD** et qui est un diagramme des flux en l'appel modèle d'entité association, ou ce diagramme décrit les exigences des différents parties indispensable. *Figure (4.10)*

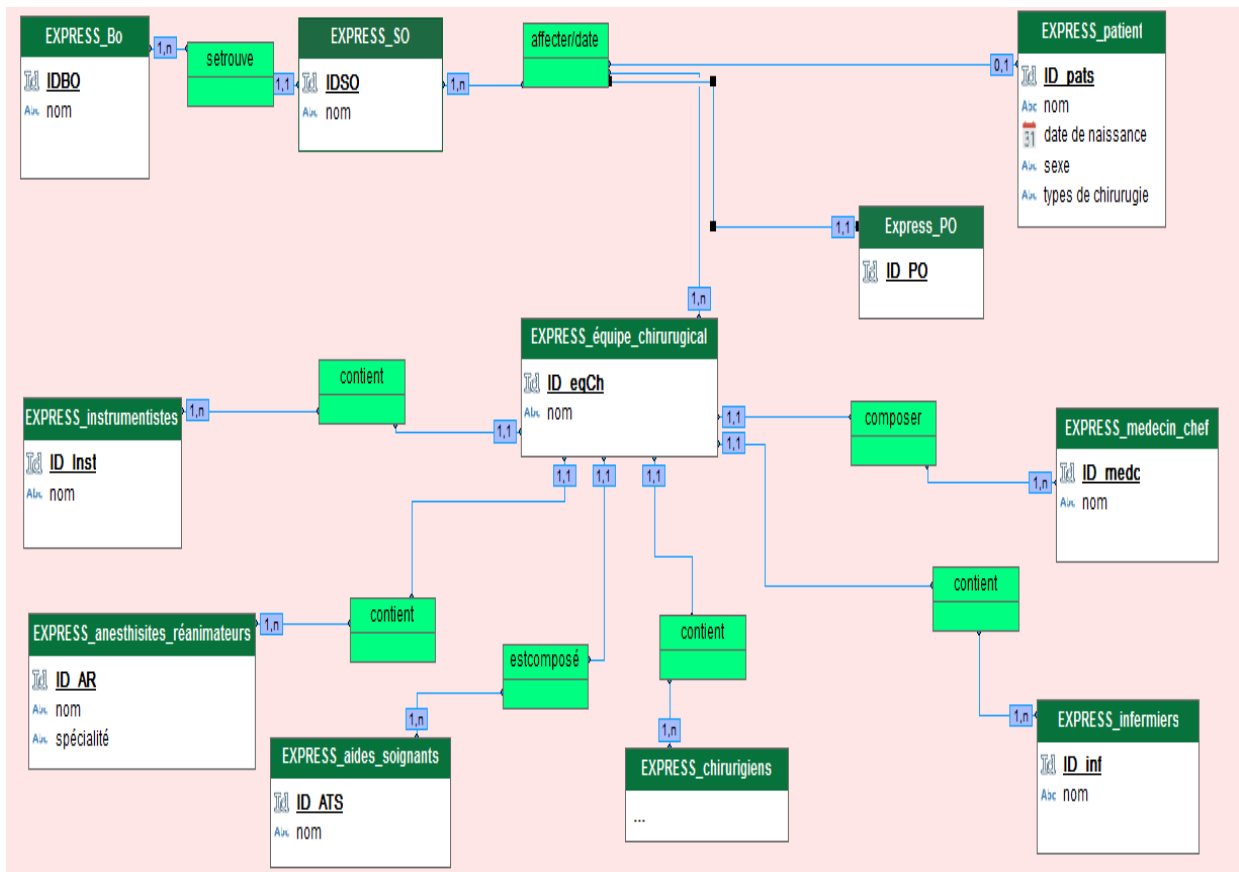


Figure 4-10: MCD de la chirurgie B.

4.3.1.3 MLD

Le modèle conceptuelle est transformé et convertit vers un modèle logique proche de l'ordinateur pour faciliter la tâche de remplissage de notre BD. *Figure (4.11)*

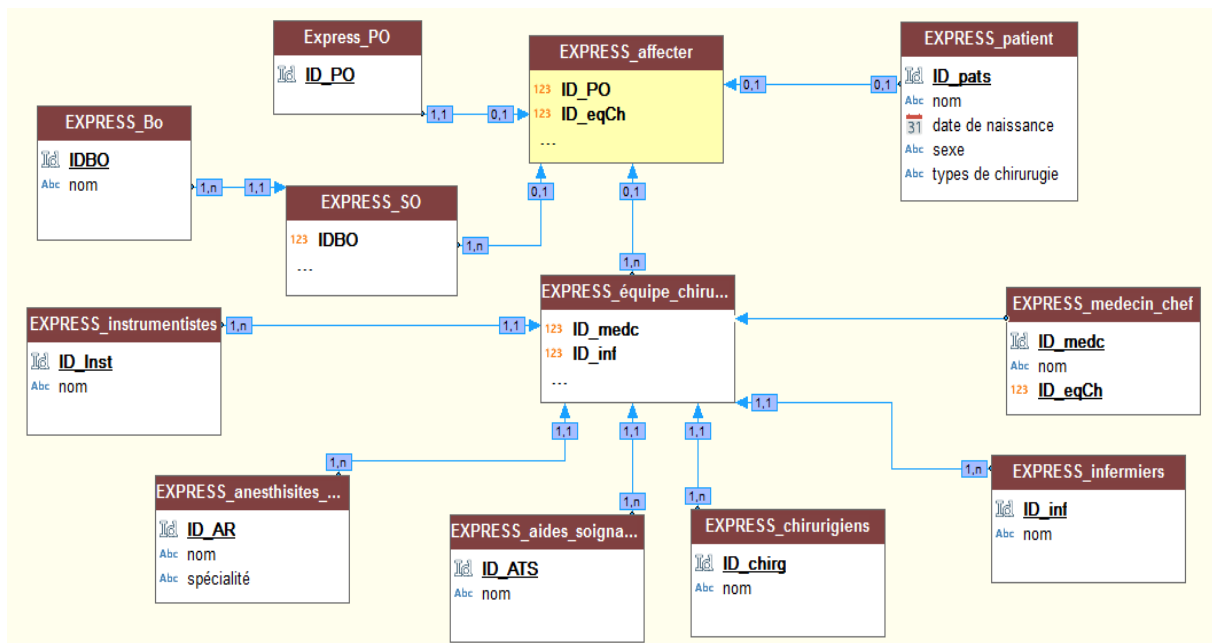


Figure 4-11: MLD de la chirurgie B.

4.4 Les données de chirurgie B

Le tableau suivant Tableau 4.5 présente tous les données et les informations nécessaires pour création l'application de gestion le département chirurgicale B de CHU Tlemcen ;

Médecin et médecin chef

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>
Kherbouche	Professeur (chef de service)
Bouazza Djamel	Pr
Loudjedi Salim	Pr
Touagh Youcef	Pr
Bereksi Amina	Pr
Bendimerd Sidi Mohemmed	Maitre-assistant
Hamza Cherif Djeloul	Assistant
Fendi Bassim	MA
Salmi Badreddine	Assistant
Benkhaldi Leila	Assistant
Boughezal Fatema	Assistant
Boughrara Sofiane	Assistant
Meziane Nabil	MA
Personnel paramédical	
Mohammedi Mokhtar	Coordinateur du service
Bousmaha Kheira	Cadre de santé
Ziani Samira	Cadre de santé
Benyehia Lamia	IBO
Daikh Ismehane	ATS
Boukhelifa Fatema	ATS
Benallol Malika	ATS
Kesbi Ammane	ATS
Bendada Aida	IBO
Amani Noria	IBO

Personnel anesthésistes/Réanimateur	
Bensnane Meriem	MA Réanimation
Belkhoudja Chakib	A Réanimation
Benachenhou Samira	AM
Belbachir kheira	AM
Khelifa Amira	AM
Djedid khadidja	AM
Boumediene Hafida	AM

Tableau 4-8 : L'équipe chirurgicale de Bloc opératoire de la chirurgie B.

- **Types de chirurgie**

- Abdominales :
 - lithiases vésiculaires(LV) ;
 - Tumeurs ;
 - Colon, estomac, rectum, pancréas, foie ;
- Goitre ;
- Fistules anales, fissure anales(FA) ;
- Hémorroïdes ;
- Plastron appendiculaires ;
- Hystérectomie ;
- ablation du sein ;
- Chambre à cathéter (ronéo-chimio-thérapie) ;
- Hernies (crurales, ombilicales) ;
- Event ration.

4.5 La base de données

La base de données de notre application permet de stocker toutes les données liées à les patients, à le programme opératoire et à l'équipe chirurgical qui composé par des médecins ; personnels paramédicaux (les infirmiers, les aides-soignants et des anesthésistes et réanimateurs).

□ L'interface de l'application

C'est l'intermédiaire entre le système et toutes personnes de bloc opératoire. Cette interface graphique a été développée et éditée par le logiciel WinDev. *Figure (4.12)*

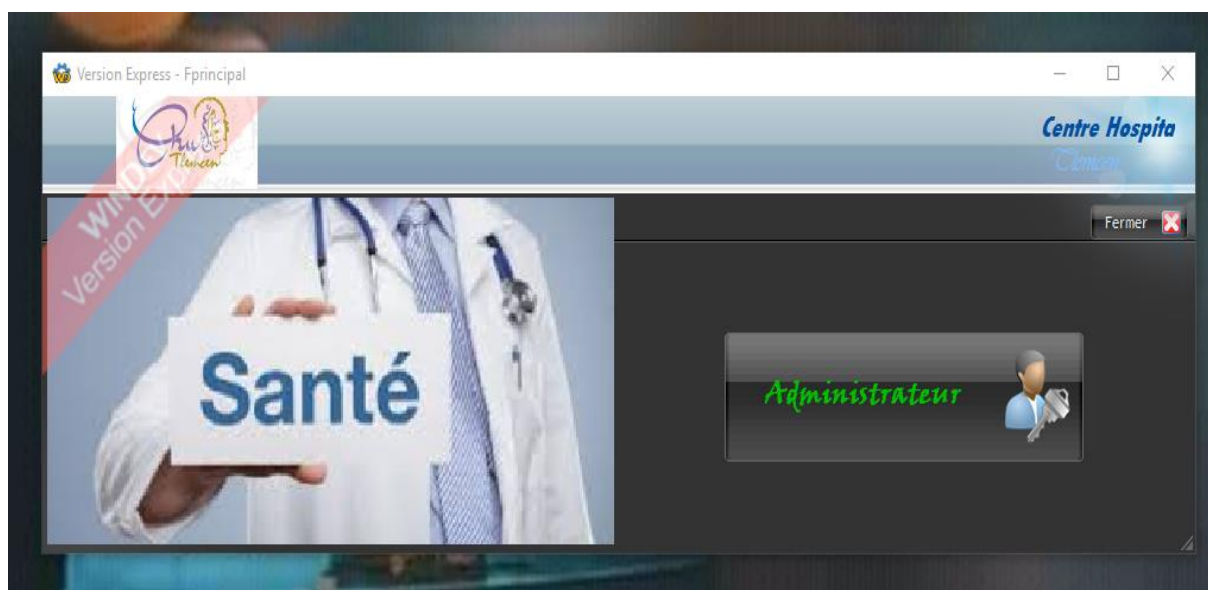


Figure 4-12: L'interface de département chirurgicale B.

Cette interface pour afficher tous les informations (BD) relie au bloc opératoire de la chirurgie B.

Si un membre de l'équipe chirurgical essaye d'ajouter ou modifier les données, il doit d'abord confirmer son identité en cliquant sur le bouton administrateur, où une fenêtre de connexion s'affiche. *Figure (4.13)*

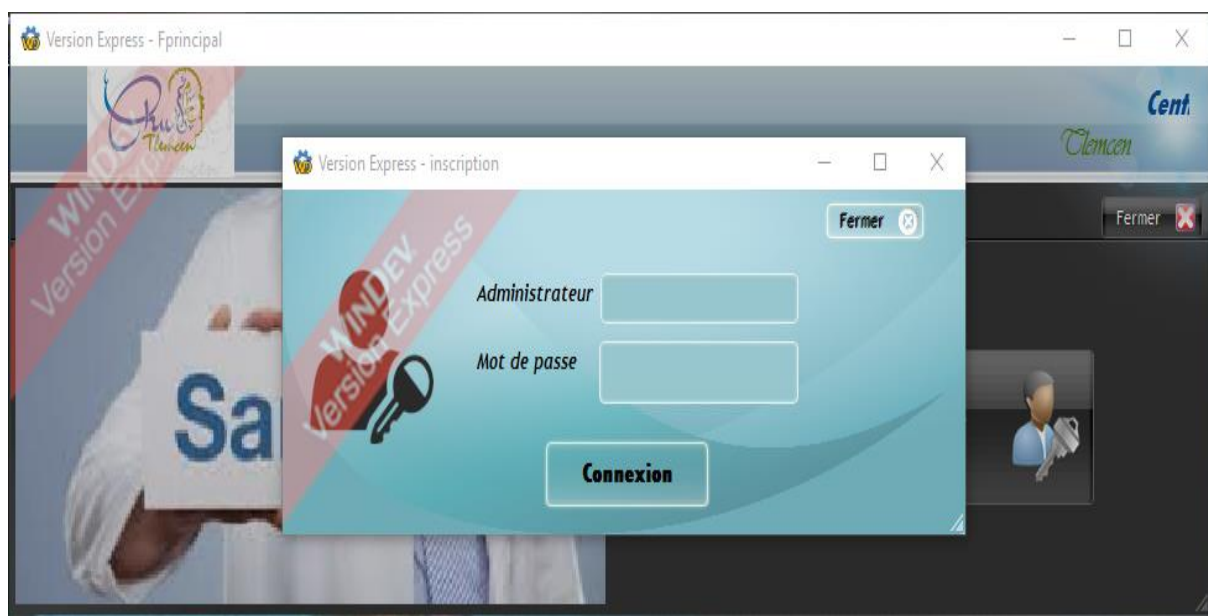


Figure 4-13: l'interface de mettre à jour l'application.

Si ce membre n'était pas inscrit comme un administrateur et il ne connaît pas le nom d'administrateur et le mot de passe donc il est interdit de mettre à jour BDD. *Figure (4.14)*

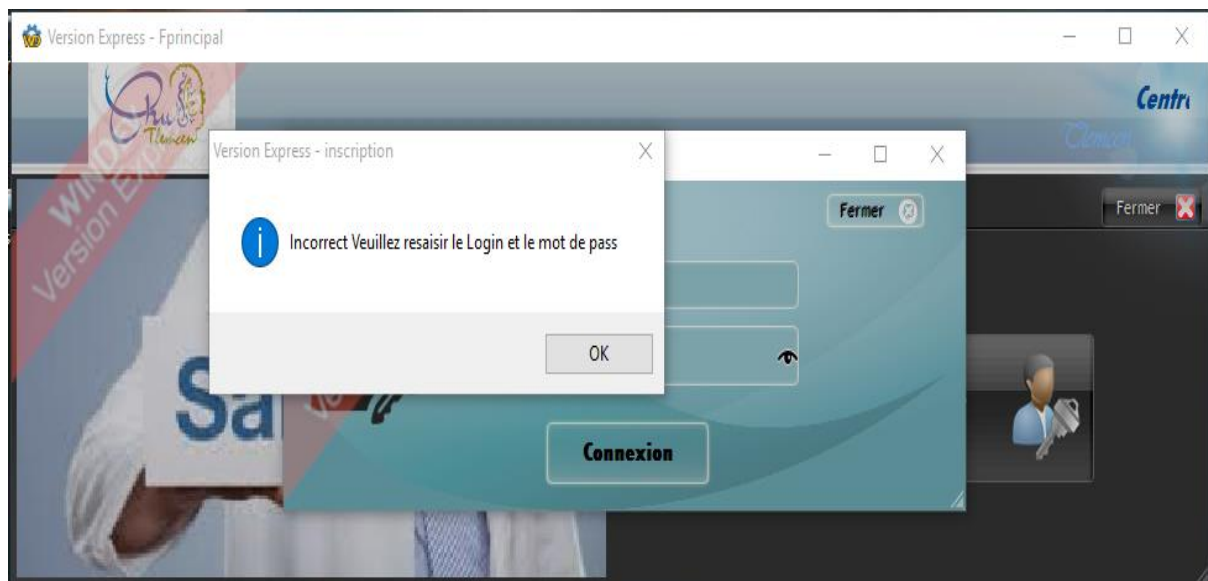


Figure 4-14: La fenêtre de la vérification.

Si ce membre est un administrateur et il est besoin de mettre à jour les informations (les données) donc il y'a une fenêtre qui vous permet de choisir *Figure (4.15)*, le champ voulu pour faire la mise à jour ou à modifier.

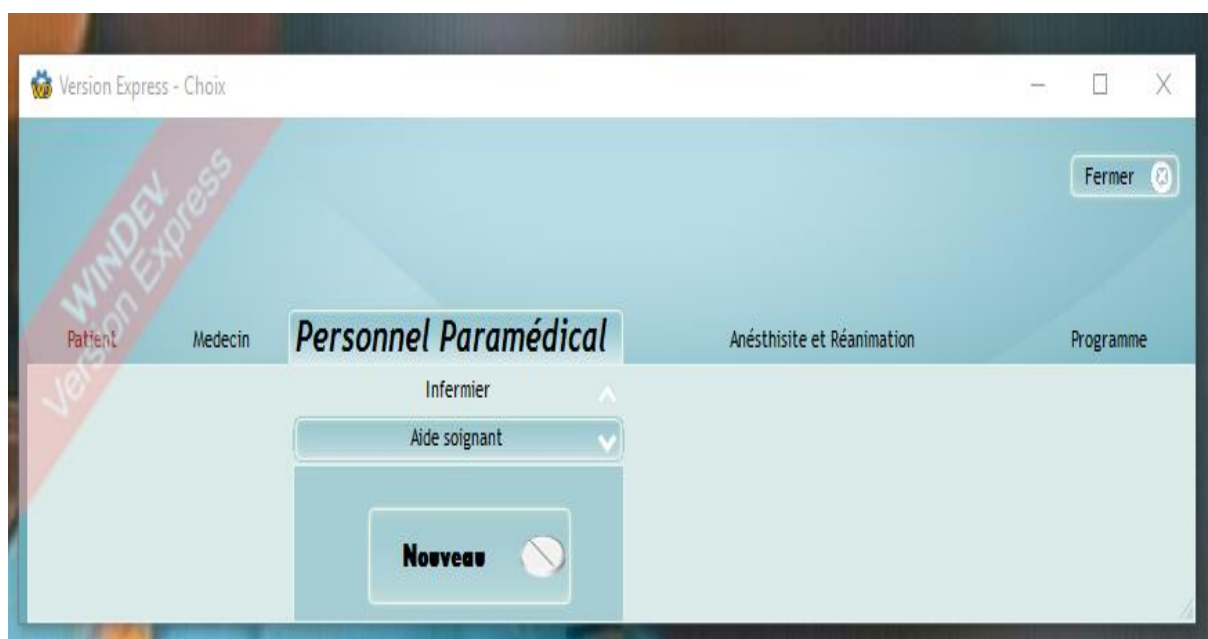


Figure 4-15: La fenêtre de choix le champ voulu à modifier.

Si l'administrateur de département chirurgical B veut de consulter une liste par exemple la liste du médecin, il appuie sur champ médecin *Figure (4.16)*

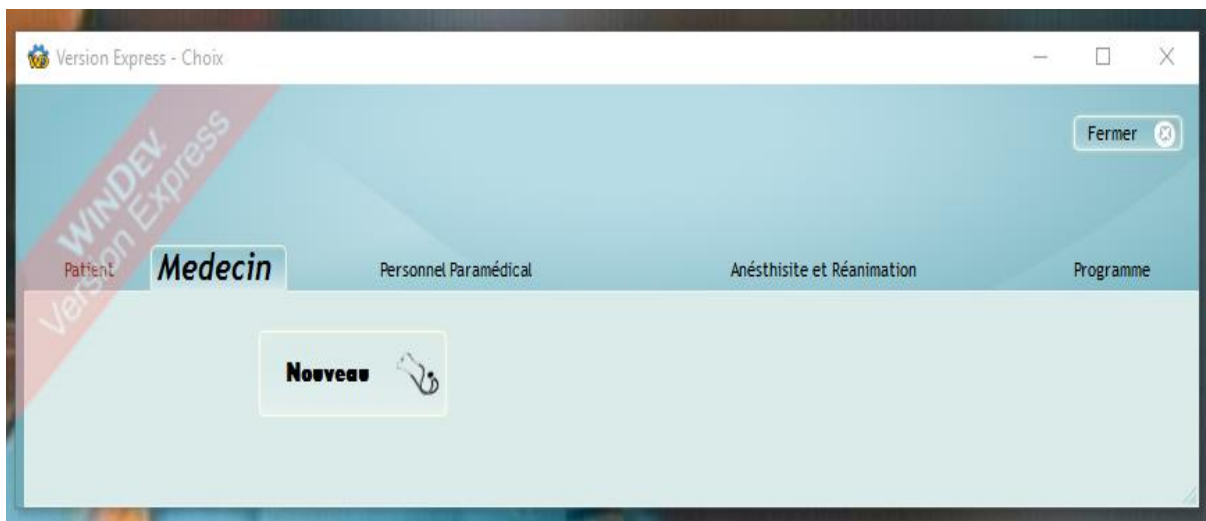


Figure 4-16 : la fenêtre de choix le champ des médecins.

Si le champ est choisi donc une fiche de table s'affiche *Figure (4-17)* pour consulter les informations déjà enregistrer et donne la main d'ajouter (mise à jour de base de données) des nouveaux.

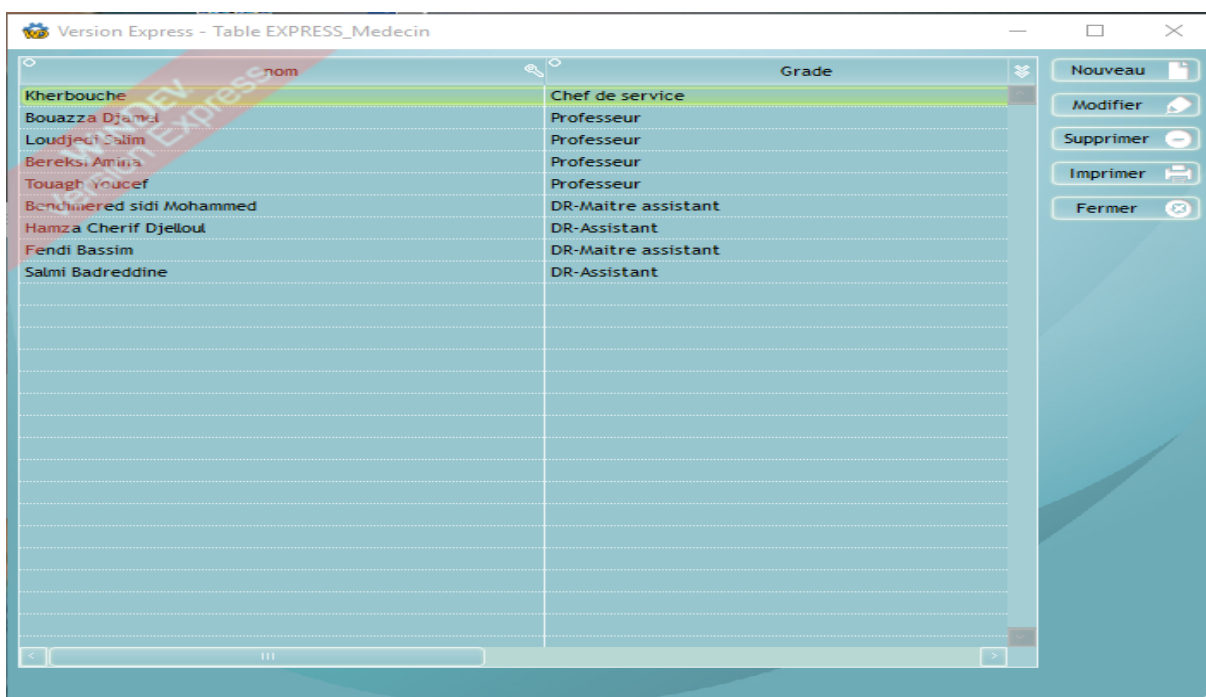


Figure 4-17 : la fenêtre de consultation la liste des médecins.

S'il veut ajouter des nouveaux, il clique sur le bouton nouveau, une fenêtre pour ajouter les nouveaux s'affiche. *Figure (4-18)*



Figure 4-18 : la fenêtre d'ajouter nouveau médecin.

4.6 La relation entre le modèle et l'application

Notre modèle basé sur l'ordonnancement et la planification des interventions chirurgicales nous donne une solution optimale pour un planning opératoire dans un jour.

Cette solution on doit l'entré dans notre base de donné, où on va définir la date de début de chaque intervention pour chaque patient, plus l'équipe chirurgicale qui le convient afin d'obtenir un programme opératoire informatisé.

On prend le séquencement dans *Tableau 4-9* et les résultats obtenue *Tableau 4-9* pour remplir notre programme opératoire. *Figure 4-19*

Séquencement		I5	I1	I2	I6	I3	I4
E(1)	D	0	35	95	135	205	255
	F	20	75	125	185	245	285
E(2)	D	20	75	125	185	245	285
	F	120	145	225	245	285	285

Tableau 4-9: les résultats obtenus dans la simulation.

La figure suivante représente le programme opératoire après le remplissage des données.

Date	Salle	Patient	type_de_chirurgie	Medecin	Personnel_paramédical	Anésthiste_réanimateur
23/10/2019	A	Meziani Fethi	LV	Fendi	Bousmaha/Daikh	Bensnane
23/04/2019	B	Ghomri Mohammed	HIC	Kerbouche	Kesbi./Ziani.S	Khelifa.A
23/04/2019	B	Krim Anfal	Goitre	Fendi	Omani/Ziani	Bensnane
23/04/2019	A	Merbat Aicha	A.S	Kherbouche	Bousmaha/Daikh	Khelifa
23/04/2019	B	Kherbouche Djamilia	Hemroide	Meziane	Kesbi/Ziani	Bensnane

Figure 4-19 : La fenêtre de programme opératoire.

4.7 Conclusion

Dans ce chapitre et dans une première partie nous avons proposé une modélisation mathématique pour améliorer la programmation opératoire et maximiser l'utilisation de bloc opératoire. Cette modélisation permet de donner un classement d'affectation des interventions aux salles opératoire et salle de réveil afin d'obtenir une solution optimale.

Dans la deuxième partie nous avons proposé une modélisation d'un système d'information au bloc opératoire de la chirurgie B pour l'informatiser ; les résultats obtenues sont intégrés dans l'application réalisée avec tous les données reliées au bloc.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La résolution des problèmes reliées à la gestion hospitalières surtout qui ont une relation avec le département chirurgicale est classer parmi les difficiles problèmes parce qu'ils exigent des outils d'aide à la prise décision et surtout un système d'information efficace pour la résolution être performant.

Dans notre projet fin d'étude nous avons fait deux parties, ces deux parties sont travaillés toutes ensemble pour optimiser le fonctionnement de département chirurgicale ;

Dans la première c'est la modélisation mathématique pour minimiser le temps de fermeture de la dernière intervention par utilisation le makspan, donc nous avons pensées à résoudre le problème d'affectation des interventions aux salles opératoires et de réveil à fin d'atteindre un objectif optimal en satisfaire certaines contraintes sont bien définies dans le quatrième chapitre, nous avons développé deux modèles d'optimisation de types de flow shop et flow shop hybride.

Dans la deuxième partie est créé un système de gestion de bloc opératoire pour la chirurgie B de CHU Tlemcen ; L'application réalisée permet à tous les membres de l'équipe chirurgicale de consulter les nouvelles informations relies au bloc opératoire et il facilite leurs circulation, aussi il est un moyen de stockage et d'archivage des données. La conception du système de gestion a été faite en utilisant la méthode Merise. L'implémentation de l'application a été réalisée sous l'environnement WinDev. Les objectives visées de ce projet de fin d'études ont été réalisées dans la limite du temps qui nous a été accordé. Nous avons souhaité d'avoir plus de temps pour rajouter d'autres fonctionnalités.

Ce qui motivé à entamer ce travail est le fait qu'il n'existe pas assez de travaux dans ce type de problème dans le type de domaine considéré, surtout dans notre domaine d'étude ou la minimisation le makspane en collaboration avec un système d'information informatisée ;

Fiers d'être les premiers qu'ont travail dans ce domaine et qu'ont donnés la chance au génie industriel d'être partie de tous les secteurs.

Ce travail nous permis de dégager plusieurs orientations que nous souhaitons de continuer à développer notre recherche prochainement par les perspectives suivantes :

- Minimisation de makspane de bloc opératoire par affectation des ressources nécessaires à nos modèles.
- Intégration des méthodes d'aide à la décision multicritère (MCDM).
- Rajouter au système d'information proposée une fonction de gestion pour déterminer l'affectation des patients aux lits des réveils.
- La gestion de programme opératoire par horaires.

- Intégration de résultats de Système d'information informatisée proposées dans le SIH.
- Compilation automatique entre les deux parties proposées.

Au final, les recherches et les études réalisées toute au long de ce travail, nous ont permis de consolider nos connaissances, et de développer nos compétences dans le domaine de gestion, mais aussi l'acquisition de nouvelles connaissances, d'enrichir nos connaissances dans d'autres domaines variés comme : la résolution des problèmes d'ordonnancement et de planification, la programmation sous Lingo, WinDev, la gestion des bases donnée.

Références bibliographiques

- **[Adjiri, 2018]** Adjiri H (2018). *Les problèmes d'ordonnancement d'atelier : M-Machine identique en parallèle*, Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de Master Académique ; Université Mohamed Boudiaf - M'sila ; 2018.
- **[Austin, 2006]** Austin Baptiste. (2006). mémoire fin d'étude, Paris *les méta-heuristique en optimisation combinatoire*.
- **[Bahmani, 2017]** Bahmani Y. (2017). *Optimisation multicritère de l'ordonnancement des activités de la production et de la maintenance intégrées dans un atelier Job Shop*, Thèse Doctorat en science, Université de Batna-II, Algérie 2017.
- **[Belkaid, 2013]** Belkaid, F., Sari, Z., & Yalaoui, F. (2013, May). A hybrid genetic algorithm for parallel machine scheduling problem with consumable resources. In *2013 International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)* (pp. 143-148). IEEE.
- **[Belkaid, 2014]** Belkaid, F. (2014). *Investigation sur l'ordonnancement des systèmes à machines parallèles* (Doctoral dissertation).
- **[Belkaid, 2016]** Belkaid, F., Yalaoui, F., & Sari, Z. (2016). Investigations on Performance Evaluation of Scheduling Heuristics and Metaheuristics in a Parallel Machine Environment. In *Metaheuristics for Production Systems* (pp. 191-222). Springer, Cham.
- **[Benkalai, 2018]** *Ordonnancement d'ateliers en présence d'opérateurs novembre*, l'université du Québec à Chicoutimi comme exigence partielle du doctorat en informatique 2018.
- **[Bertalanffy, 1973]** Bertalanffy, L. V. (1973). *Théorie général des systèmes*, Bordas, Paris, 1973 pour la traduction française par Jean Benoit Chabrol ISBN 978-2-10-058300-3(294 pages).
- **[Bouamrane, 2009]** Bouamrane S. F. Z. (2009), *Système d'information hospitalier : Admission et planification des blocs opératoires*, Faculté des Sciences, informatique et automatique. Université d'Oran.
- **[Chaabane, 2005]** Sondes Chaabane *Gestion Predictive Des Blocs Operatoire*. Sciences de l'ingénieur [physics]. INSA de Lyon, 2004. Français.
- **[Chaabane et al., 2006]** Chaabane S. Saadani N. et Guinet A (2006). Ordonnancement Des BLOCS Opératoires. 6e Conférence Francophone de Modélisation et Simulation “ *Modélisation, Optimisation et Simulation des Systèmes : Défis et Opportunités* ”. Avril 2006, Rabat, Maroc.

- **[Chaabane et al, 2007]** Chaabane S., Meskens N, Guinet A.. et Laurent M. (2007) *Comparaison des performances des politiques de programmation opératoire*, *Logistique & Management*, 15:1, 17-26.
- **[Christian, 2012]** Christian SOUTOU, *UML2 pour les bases de données*, édition Eyrolles, 2012.
- **[Derbala, 2017]** Derbala A, *Ordonnancement dans les ateliers*, page 18, université Saad Dahlab de Blida.
- **[Degoulet, 1998]** Degoulet P, Fieschi M (1998) *Informatique medicale*, 3e ed. Paris, Masson.
- **[Degoulet, 2005]** P. Degoulet (2005)., *Informatique médicale, e-Santé*, ISBN : 978-2-8178-0337-1, c Springer-Verlag Paris 2013
- **[Dejean, 2006]** Dejean D. (2006). *Gestion et organisation des blocs opératoires dans les hôpitaux et cliniques. Recueil des bonnes pratiques organisationnelles observées.* Publication de la MEAH.
- **[Denton et al. 2007]** Denton, Brian and Viapiano, James and Vogl, Andrea (2007). *Optimization of surgery sequencing and scheduling decisions under uncertainty. Health care management science, 10* (1), 13–24.
- **[Dexter et al.1999]** : Dexter, F., Macario, A., Traub, R.D., Hopwood, M. et Lubarsky, D.A. (1999). *An operating room scheduling strategy to maximize the use of operating room block time : computer simulation of patient scheduling and survey of patients preferences for surgical waiting time. Anesthesia & Analgesia*, Vol. 89, N°1.
- **[Esquirol ET Lopez.1999]** P. Esquirol & P. Lopez. *L'ordonnancement. Economica*, Paris, 1999.
- **[Elbahloul.2008]** Sana el bahloul (2008) ; *flow-shop à deux machines avec des temps de latence : approche exacte et heuristique ; Mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en informatique ; université du québec à chicoutimi.*
- **[Fei.2006b]** Fei H., Duvivier D, Meskens N, Chu C (2006b), *Ordonnancement journalier dans un bloc opératoire pour la stratégie d'« open scheduling »*, GISEH'06, Luxembourg, septembre, 615-622.
- **[Fei.2006]** *Vers un outil d'aide à la planification et à l'ordonnancement des blocs opératoires*, UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE TROYES ,17 Mars 2006
- **[Francophone.2009]** *Organisation du bloc opératoire*, 2008/2009 ; Université Médicale Virtuelle Francophone.

- **[Fei et al.2010]** Fei, H., Meskens, N., & Chu, C. (2010). A planning and scheduling problem for an operating theatre using an open scheduling strategy. *Computers & Industrial Engineering*, 58(2), 221–230.
- **[Guinet et Chaabane, 2003]** Guinet, A. et Chaabane, S. (2003). Une approche de type MRP2 pour la gestion des blocs opératoires. *Actes de la 1ère Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers, GISEH 2003*, Lyon, janvier.
- **[Gonzalez-Martinez et al, 1997]** Gonzalez Martinez M., Borges, J.A., Navarro, J., Rodriguez, N. J. (1997). An automatic resource scheduling system (ARSS). *Computers & Industrial Engineering*, 1997, vol 33, pp. 295-8.
- **[Hammami, 2006]** Hammami. S. (2006). *Aide à la décision dans le pilotage des flux matériels et patients d'un plateau médico-technique*. Automatique / Robotique. Institut National Polytechnique de Grenoble - INPG, 2006. Français.
- **[Hoet, 1999]** Hoet T. (1999). *Le bloc opératoire de demain*. Tech Hosp 1999 ; 637:18-39.
- **[Hoet, 1985]** Hoet T. (1985). *Le bloc opératoire contemporain : conception, réalisation, utilisation*. Éditions de l'Université de Bruxelles ; 1985.
- **[Hsu et al, 2003]** Hsu VN, R. de Matta and CY. Lee, 2003, Scheduling patients in an ambulatory surgical center, *Nav Res Log*, vol. 50, pp. 218-238.
- **[Jebali et al, 2006]** Jebali A., Hadj Alouane A.B., Ladet P. (2006). Operating room scheduling, *International Journal of Productions Economics*, 99, 52-62.
- **[Jebali.2004]** Aïda JEBALI(2004), *vers un outil d'aide à la planification et à l'ordonnancement des ressources dans les services de soins*, Sciences de l'ingénieur [physiques]. Institut National Polytechnique de Grenoble - INPG, Français.
- **[kaddoussi .2012]** Aida, Kaddoussi. (2012). *Optimisation des flux logistiques : vers une gestion avancée de la situation de crise*.199 p. thèse préparée dans le laboratoire LAGIS UMR CNRS 8219 à l'Ecole central de Lille.
- **[Kitzis.2001]** Kitzis M. *In Anatomie et physiologie du bloc opératoire*. Paris ; Tirésias ; 2001. p. 71-8.
- **[Kharraja et al.2006]** Kharraja S., F. Albert et S. Chaabane (2006), Blocs opératoires Publics : Application de la stratégie Block Scheduling. Conférence 6ème Conférence Francophone de Modélisation et Simulation, MOSIM 2006, Modélisation, Optimisation et Simulation des Systèmes : Défis et Opportunités, Rabat, Maroc.
- **[Kharraja.2003]** Marcon E. et S. Kharraja (2003), Modèles et stratégies de programmation opératoire. *Journal Européen des Systèmes Automatisés (RS-JESA)*, vol n° 37, pp. 687-716.

- **[Kharraja et al.2002]** Kharraja S., Chaabane S., Marcon E. (2002). Evaluation de performances pour deux stratégies de programmation opératoire de bloc, *Proceeding de la 2^{ème} conférence Internationale Francophone d'Automatique, France.*
- **[Kharraja et al.2005]** Kharraja S., R. Abbou, F. Albert, E. Marcon (2005), Open Scheduling strategy-based Operating Theatre Planning. International Conference on Industrial Engineering and Systems Management, IESM2005, Marrakech, Morocco.
- **[Lopez, 2003]** Lopez P.. (2003). *Approche par contraintes des problèmes d'ordonnancement et d'affectation : structures temporelles et mécanismes de propagation.* Habilitation à Diriger des Recherches, Institut National Polytechnique de Toulouse, décembre 2003.
- **[Lamiri, 2007]** Lamiri.M. (2007). *Planification des blocs opératoires avec prise en compte des aléas.* Génie des procédés. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 2007.
- **[Lapierre et al.1999a]** Lapierre S.D., Goldsman, D., Cochran, R., Dubow, J. Bed allocation techniques based on census data. *Socio-Economic Planning Sciences*, 1999b, vol 33, pp. 25-38.
- **[Levecq et al. 2003]** Levecq P., Meskens, N., Artiba, A. Utilisation d'une approche data mining pour la spécification des durées opératoires en milieu hospitalier. *Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers, GISEH 2003*, 2003, pp. 571-80.
- **[Macario et al.1999]** Macario A., T.S. Vitez, B. Dunn, T. Mc Donald, B. Brown (1999), Hospital costs and severity of illness in three types of elective surgery. *Anesthesiology*, vol n° 86, pp. 92-100.
- **[Marcon et al. 2001]** Marcon E., Kharraja, S., Simonnet, G. (2001), Minimization of the risk of non-realization for the planning of the surgical interventions into the operating theatre. 8th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, pp. 675-80.
- **[Moison J.C, Tonneau, D. 1999]** Moison J.C., Tonneau, D. *La démarche gestionnaire à l'hôpital.* Paris : Seli Arslan, 1999. 254 p.
- **[Nanci et al.2001]** Nanci Dominique, Bernard Espinasse avec la collaboration de Bernard Cohen, Jean Claude Asselborn et Henri Heckenroth (2001), *Ingénierie des systèmes d'information : Merise deuxième génération*, Vuibert éditions, Paris. ISBN : 2-7117-8674-9 (416 pages)
- **[Olivier.2001]** Olivier D. (2001).complément TD/TP, recherche stochastique.
- **[Quan.2003]** L. Quan et al.et M. Maged. (2003). *A new insertion-based construction heuristic for solving the pickup and delivery problem with time windows.* Science direct, European Journal of Operational Research.

- **[Rohde et al.2000]** Rohde, J., Meyr, H. & Wagner, M. (2000). *Die supply chain planning matrix*, in: PPS Management, Vol. 5, No.1, Berlin, pp. 10-15.
- **[Rairo, 1993]** Group Gotha, Les problèmes d'ordonnancement, RAIRO. Recherche opérationnelle, tom 27, n°1(1993).
- **[Robert.2006]** Robert Reix (1934-2006), *Systèmes d'information et management des organisations*, Éditions Vuibert, First édition en 1995, 367 pages.
- **[Romeyer et Bongiovanni. 2000]** Romeyer C., Bongiovanni, I. Les systèmes d'information hospitaliers, vecteurs de changement organisationnel : vers l'émergence d'un système d'information traçant l'activité. *5ème Colloque de l'Association Information et Management*, 2000.
- **[Rotondi et al.1997]** Rotondi A.J., Brindis, C., Cantees, K.K., Deriso, B.M., Ilkin, H.M., Palmer, J.S., Gunnerson H.B., Watkins, W.D. Benchmarking the Perioperative Process. I. Patient Routing Systems: A Method for Continual Improvement of Patient Flow and Resource Utilization. *Journal of Clinical Anesthesia*, 1997, vol 9, pp. 159-69.
- **[REZIG Mohammed Sadok et ADAIKA Abdellah.2017]** Rezig M.S. Et Adaika A. (2017). Conception et réalisation d'un système de gestion de stock pour une entreprise de production : Cas de l'entreprise TPL.
- **[Thomas et al.1989]** Tomas A, Feo and Marcio. (1989). *GCA probabilistic heuristique for computationally difficult set covering probleme. lettre de recherche* 8:67,71.
- **[Thomas et Griffin.1996]** D.J. Thomas, P.M. Griffin. (1996). *Coordinated supply chain management*. European Journal of Operational Research. 94, pp 1-15.
- **[Van Den Akker, 1994]** Van Den Akker J. M. (1994). *LP-based solution methods for single-machine scheduling problems*. PhD thesis, Technische Universiteit Eindhoven, The Netherlands.
- **[W0]** : <http://paramedicalalger.blogspot.com> consulté en 2019.
- **[W1]** : <http://www.commentcamarche.net/contents/102-les-niveaux-de-donnees> consulté en 2019.
- **[W2]** : <http://www.chu-tlemcen.dz/> consulté en 2019.
- **[W3]** : <http://www.maxicours.com/> consulté en 2019.
- **[W4]**: <http://www.paramedicalalgerie.com/> consulté en 2019.
- **[W5]** : Wikipédia, [www.wikipédia.théorie de l'ordonnancement.com](http://www.wikipédia.théorie_de_l'ordonnancement.com) , consulté en mai 2019.
- **[Zhou et Dexter, 1998]** : Zhou, J. et Dexter, F., (1998). Method to assist in the scheduling of add-on surgical cases, Upper prediction bounds for surgical case durations based on the log-normal distribution. *Anesthesiology*, Vol. 89, N°5.

Résumé

Le bloc opératoire est un lieu hautement sensible dans un hôpital, pour cela qu'on a étudié la gestion de ce dernier, plus précisément la planification et l'ordonnancement de ces blocs. Ce document fait l'objet de développer deux modèles d'optimisation de types flow shop et flow shop flexible où l'objective consiste à minimiser le temps de complétion (maximiser l'utilisation d'un bloc).

On ne peut pas avoir un résultat fiable de ce problème sans une information exacte. Pour cela un système d'information informatisé est proposé pour gérer le bloc opératoire, où on a développé une application de gestion du département chirurgicale B de CHU Tlemcen.

Mots clés: gestion de bloc opératoire, flow shop, flow shop hybride, SIO, CHU Tlemcen.

Abstract

The operating room is a highly sensitive place in a hospital, for which we have studied the management of this last, more precisely the planning and scheduling of these blocks. This document aims to develop two models represented as flow shop and flexible flow shop respectively, where the objective consists in minimizing the completion time (to maximize the use of a block).

We cannot have a reliable result of this problem without accurate information. For this purpose, a computerized information system is proposed to manage the operating rooms, where a management application for the surgical department B of CHU Tlemcen has been developed.

Keywords: Operating room management, flow shop, hybrid flow shop, SIO, CHU Tlemcen.

ملخص

غرفة العمليات هي المكان الحساس للغاية في المستشفى، حيث درسنا إدارة هذا الأخير، وبشكل أكثر دقة تخطيط وجدولة هذه الغرف. الهدف من هذا المستند هو تطوير نموذجين لتحسين الغرف الجراحية flow shop و flow shop flexible حيث يتمثل الهدف في تقليل وقت الاغلاق (لتحقيق أقصى قدر من استخدام الغرف).

لا يمكننا الحصول على نتيجة موثوقة لهذه المشكلة بدون معلومات دقيقة. لهذا الغرض، يُقترح نظام معلومات محوسب لإدارة غرفة العمليات، حيث تم تطوير تطبيق إدارة للقسم الجراحي B في CHU تلمسان

الكلمات الرئيسية: إدارة غرفة العمليات، flow shop، flow shop flexible، SIO،

المستشفى الجامعي تلمسان