



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد

Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة والأمن الصناعي

Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Maintenance en Instrumentation

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Génie Industriel

Spécialité : Génie Industriel

Thème

Modélisation et simulation d'un service des urgences par ARENA

Présenté et soutenu par :

Seddiki Ikram Hadjer

Serradj Marwa

Devant le jury composé de :

| Nom et Prénom | Grade | Etablissement | Qualité |
|---------------------|-------|-------------------|-----------|
| METAHRI Dhiyaeddine | MCB | Université Oran 2 | Président |
| HACHEMI Khalid | Prof | Université Oran 2 | Encadreur |
| MOUFOK Souad | MAA | Université Oran 2 | Examineur |

2022/2023

Remerciements.

En premier lieu, je remercie ALLAH, le tout-puissant de m'avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Nous souhaitons exprimer notre sincère gratitude envers Monsieur **KHALID HACHEMI** pour son précieux soutien et ses conseils avisés tout au long de nos études et lors de la réalisation de ce travail.

Nous remercions également Prof. D. Benali-Amar de l'EHU-Oran pour nous avoir permis de faire un stage au service d'urgences qui nous a été très utile.

Nous souhaitons également exprimer notre gratitude envers tous les professeurs et enseignants du département de génie industriel.

En fin mes remerciements vont à la famille **SEDDIKI** et la famille **SERRADJ** pour son soutien morale et financière.

Dédicace.

Nous dédions ce modeste travail à :

À nos chères et douces mères ainsi qu'à nos précieux pères, qui ont toujours été à nos côtés, nous les remercions du fond du cœur de nous avoir permis de suivre notre parcours sans jamais connaître le besoin. Nous adressons nos prières les plus sincères pour leur santé et leur longévité.

À nos amis qui ont partagé tant de joies et de peines avec nous, nous vous sommes reconnaissants pour votre soutien indéfectible.

À nos enseignants qui ont joué un rôle fondamental dans notre parcours éducatif, nous vous exprimons notre profonde gratitude pour votre dévouement à notre formation.

À tous ceux qui nous sont chers et qui nous aiment, votre présence dans nos vies est une bénédiction que nous chérissons sincèrement.

Résumé :

Le secteur de la santé revêt une importance cruciale et est évalué en fonction de la valeur ajoutée de ses services. Cette évaluation devient encore plus complexe et délicate lorsqu'il s'agit des services d'urgence, où le temps d'attente des patients peut avoir un impact déterminant sur leur survie ou leur décès. Il est essentiel de noter que ces services sont soumis à un afflux constant de patients, ce qui souligne l'importance cruciale d'une gestion efficace des ressources humaines et matérielles.

Dans ce contexte, notre recherche se concentre principalement sur l'analyse du flux de patients au sein du service d'urgence de l'hôpital d'Oran. Nous avons élaboré un modèle de ce flux, puis, en utilisant une méthode de simulation, nous avons réalisé une évaluation critique des performances du système. Cette évaluation vise à identifier des pistes d'amélioration pour le service d'urgence.

ملخص:

يتمتع القطاع الصحي بأهمية بالغة ويتم تقييمه على أساس القيمة المضافة لخدماته. يصبح هذا التقييم أكثر تعقيداً وحساسية عندما يتعلق الأمر بخدمات الطوارئ، حيث يمكن أن يكون لوقت انتظار المرضى تأثير حاسم على بقائهم على قيد الحياة أو وفاتهم. ومن الضروري ملاحظة أن هذه الخدمات تخضع لتدفق مستمر من المرضى، مما يسلط الضوء على الأهمية الحاسمة للإدارة الفعالة للموارد البشرية والمادية. وفي هذا السياق، يركز بحثنا بشكل أساسي على تحليل تدفق المرضى داخل قسم الطوارئ بمستشفى وهران. لقد قمنا بتطوير نموذج لهذا التدفق ومن ثم، باستخدام طريقة المحاكاة، قمنا بإجراء تقييم نقدي لأداء النظام. ويهدف هذا التقييم إلى تحديد مجالات التحسين لخدمة الطوارئ.

Abstract:

The health sector is of crucial importance and is evaluated based on the added value of its services. This assessment becomes even more complex and delicate when it comes to emergency services, where patients' waiting time can have a decisive impact on their survival or death. It is essential to note that these services are subject to a constant influx of patients, which highlights the crucial importance of effective management of human and material resources. In this context, our research mainly focuses on the analysis of patient flow within the emergency department of Oran hospital. We developed a model of this flow and then, using a simulation method, we carried out a critical evaluation of the system's performance. This evaluation aims to identify areas for improvement for the emergency service.

Table des matières

| | |
|--|----|
| Introduction Générale | 1 |
| <i>Chapitre I</i> : Introduction à la simulation à événements discrets (focus sur les systèmes de soins) | |
| I.1 Introduction..... | 4 |
| I.2 Contexte général de la simulation | 4 |
| I.2.1 Définition de la simulation | 4 |
| I.2.2 Domaines d'application de la simulation | 6 |
| I.2.2.1 Systèmes de production | 6 |
| I.2.2.2 Systèmes de transport..... | 6 |
| I.2.2.3 Systèmes informatiques et télécommunications | 6 |
| I.2.2.4 Autres classes d'application..... | 6 |
| I.2.3 Objectifs de la simulation..... | 6 |
| I.2.4 Les avantages de la simulation..... | 7 |
| I.2.5 Les Inconvénients de la simulation | 8 |
| I.3 La simulation de flux de production | 8 |
| I.3.1 Les raisons d'utiliser la simulation de flux de production..... | 9 |
| I.3.2 Les logiciels de simulation de flux..... | 10 |
| I.4 Historique de la simulation a évènement discret | 11 |
| I.4.1 Définition de la simulation a évènement discret..... | 12 |
| I.5 Établissement de la santé..... | 14 |

Table des matières

| | | |
|---|---|----|
| I.5.1 | Type d'Établissement de la santé..... | 14 |
| I.5.2 | Principes d'organisation des systèmes de soins dans le monde..... | 14 |
| I.6 | Définition de système de soins..... | 15 |
| I.6.1 | Les principaux acteurs de tout système de soins | 15 |
| I.6.2 | Les quatre valeurs essentielles d'un système de soins..... | 16 |
| I.6.3 | Les modèles de système de soins..... | 17 |
| I.7 | La simulation a évènement discret sur les systèmes de soins..... | 18 |
| I.8 | Conclusion | 19 |
| Chapitre II : Organisation des Soins dans un Service d'Urgence | | |
| II.1 | Introduction..... | 21 |
| II.2 | La modélisation..... | 21 |
| II.2.1 | Définition..... | 21 |
| II.2.2 | La modélisation des soins..... | 21 |
| II.2.3 | Les différentes types..... | 22 |
| II.2.4 | Les avantages de la modélisation des soins..... | 23 |
| II.2.5 | LES OBJECTIFS DE LA MODELISATION..... | 24 |
| II.3 | Les urgences..... | 25 |
| II.3.1 | Définition du service d'urgence..... | 25 |
| II.3.2 | L'organisation des services d'urgences..... | 26 |

Table des matières

| | |
|---|----|
| II.3.3 Norme de prise en charge des services d'urgences..... | 26 |
| II.3.4 Le cheminement du patient..... | 27 |
| II.4 Présentation de l'EHU D'ORAN..... | 28 |
| II.4.1 Activités de l'EHU d'Oran..... | 28 |
| II.4.2 L'organigramme de l'EHU d'Oran..... | 29 |
| II.4.3 Offre de soins dans l'UMC de l'EHU d'Oran..... | 31 |
| II.4.3.1 Service de Médecine..... | 31 |
| II.4.3.2 Service de Chirurgie..... | 32 |
| II.4.3.3 Service de Maternité..... | 32 |
| II.4.3.4 Service de Radiologie..... | 32 |
| II.4.3.5 Laboratoires d'Analyses..... | 32 |
| II.5 Plan d'EHU d'Oran..... | 32 |
| II.6 les ressources..... | 35 |
| II.7 Conclusion..... | 35 |
| Chapitre III : Simulation et évaluation d'un service des urgences par Arena | |
| III.1 Introduction..... | 37 |
| III.2 Le choix du Simulateur Arena..... | 37 |
| III.2.1 Le logiciel de simulation Arena..... | 37 |
| III.2.2 Définition de la simulation. | 37 |
| III.2.3 Pourquoi ARENA..... | 38 |
| III.2.4 Caractéristiques du logiciel Arena..... | 38 |

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| III.3 Utilisation de Logiciel Arena dans le secteur de la santé..... | 39 |
| III.4 Avantages du Logiciel Arena..... | 40 |
| III.5 Inconvénients d'ARENA | 40 |
| III.6 Utilisation d'ARENA..... | 40 |
| III.7 Les modules à configurer sous Arena..... | 41 |
| III.8 La modélisation et la configuration de notre projet..... | 46 |
| III.8.1 Présentation..... | 47 |
| III.8.2 Implémentation..... | 48 |
| III.9 Rapport de simulation..... | 53 |
| III.9.1 Goulots d'étranglement du système étudié..... | 53 |
| III.9.2 Résultats statistiques relatives aux entités patientes..... | 53 |
| III.9.3 Résultats statistiques relatives aux files d'attente des patients..... | 54 |
| III.10 Les solutions..... | 57 |
| III.11 Amélioration par un scénario..... | 57 |
| III.12 Simulation du nouveau scénario..... | 58 |
| III.13 Conclusion..... | 59 |
| Conclusion Générale..... | 60 |
| Référence et bibliographique..... | 61 |

Liste des figure

Chapitre I : Introduction à la simulation à événements discrets (focus sur les systèmes de soins)

Figure I.1 : processus de la simulation.....7

Chapitre II : Organisation des Soins dans un Service d'Urgence

Figure II.1 : Vue générale de l'EHU d'Oran.....28

Figure II.2 : Organigramme général de l'hôpital EHU.....30

Figure II.3 : les services de l'EHU d'Oran.....31

Figure II.4 : triage des urgences.....33

Figure II.5 : parcours de patient de l'EHU.....33

Chapitre III : Simulation et évaluation d'un service des urgences par Arena

Figure III.1 : étapes de simulation.....38

FigureIII.2 : image interface d'Arena.....41

FigureIII.3 : Basic Process d'ARENA.....42

FigureIII.4 : Les paramètres de Create.....42

FigureIII.5 : Les paramètres de Dispose.....43

FigureIII.6 : Les paramètres de Process.....43

FigureIII.7 : Les paramètres de Process.....44

FigureIII.8: Les paramètres de Decide.....45

Figure III.9 : Les paramètres d'Assign.....46

FigureIII.10 : sous modèle Arena de parcours de patient état normale.....48

Liste des figures

| | |
|---|----|
| FigureIII.11 : Les pourcentages des motifs d'arrivé sur Arena..... | 49 |
| FigureIII.12 : sous modèle Arena du parcours du patient état grave On obtient..... | 49 |
| Figure III.13 : modèle générale du parcours des patients aux UMC..... | 50 |
| FigureIII.14 : loi arrivé patient..... | 50 |
| FigureIII.15 : loi enregistrement patients..... | 51 |
| FigureIII.16 : loi consultation..... | 52 |
| Figure III.17 :le nombre de patients qui ont quitté l'UMC après une période de 48 heures..... | 53 |
| FigureIII.18 : données statistiques relatives aux entités patientes..... | 54 |
| FigureIII.19 : Données relatives aux files d'attente des patients..... | 55 |
| FigureIII.20 : les goulots d'étranglement d'UMC..... | 56 |
| FigureIII.21 : le nombre de patients qui ont quitté le nouveau UMC après une période de 48h..... | 58 |
| FigureIII.22 : Données statistiques relatives aux entités patientes..... | 59 |

Liste des tableaux

Chapitre III : Simulation et évaluation d'un service des urgences par Arena

Tableau III.1 : Données des ressources du scénario d'amélioration.....58

Liste des abréviations

Sed : La simulation à événement discret.

EPSP : établissements publics de santé de proximité.

Chu : centres hospitalo-universitaires.

EHS : établissements hospitaliers spécialisés.

CH : centres hospitaliers.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

EHU : Etablissement Hospitalier Universitaire.

UMC : Service d'Urgences Médico-Chirurgicales.

IRM : l'imagerie par résonance magnétique.

ORL : Oto-rhino-laryngologie.

SAUV : Salle d'Accueil des Urgences Vitales.

SAMU : Service d'Aide Médicale Urgente.

AVC : accident vasculaire cérébral.

OTR : traumatologie.

Introduction Générale

Introduction Générale

Le système de santé en Algérie représente un moyen d'atteindre des objectifs sociaux liés à la santé et au bien-être de la population. Il se caractérise par une dualité entre le secteur public, qui est dense, et le secteur privé, principalement présent dans les grandes villes. Les services d'urgence médico-chirurgicaux jouent un rôle central dans ce système de santé, en fournissant des soins publics gratuits à toute personne souffrante, quel que soit le degré de gravité de sa condition, qu'il s'agisse d'une blessure physique ou mentale, réelle ou perçue. Ces services couvrent un large éventail de situations, allant du simple malaise à la détresse vitale, et leur mission première est de sauver des vies, ce qui les rend disponibles 24 heures sur 24, 7 jours sur 7.

Le but principal de notre mémoire consiste à optimiser le dimensionnement d'un service d'urgence Médico-chirurgicales (UMC) de l'établissement Hospitalier Universitaire (EHU) d'ORAN en diminuant principalement les délais d'attente des patients. Pour atteindre cet objectif, nous faisons appel à un logiciel de simulation (ARENA) qui repose sur une représentation graphique qui illustre le fonctionnement du système que nous étudions, ce qui facilite la compréhension de son fonctionnement de manière visuelle.

Pour avoir des données fidèles pour le modèle de simulation, nous avons fait une collecte de données dans le service en question, en reportant les horaires d'arrivée et de départ des patients, l'unité de soins recevant chaque patient. Cela permet de choisir la loi de service la plus proche à ces données.

En plus de cette introduction, le document est structuré en trois chapitres, accompagnés d'une conclusion visant à mettre en avant les résultats obtenus dans cette recherche.

Le premier chapitre de cette étude s'attache à introduire le concept fondamental de la simulation à événements discrets. La simulation à événements discrets est une approche de modélisation qui permet de représenter et d'analyser le comportement dynamique des systèmes complexes en modélisant les événements qui surviennent à des moments précis. Nous explorerons les bases de cette méthodologie, notamment les éléments clés tels que les entités, les files d'attente, les ressources, les événements, et comment ils interagissent pour représenter le fonctionnement

Introduction Générale

d'un service d'urgence. Cette compréhension fondamentale de la simulation à événements discrets servira de base solide pour la modélisation plus avancée du service d'urgence à venir.

Le deuxième chapitre se penchera sur l'organisation complexe des soins dans un service d'urgence. Nous explorerons les processus clés tels que le triage des patients, l'affectation des ressources médicales, la gestion des files d'attente, et les protocoles de soins d'urgence. Comprendre ces éléments est essentiel pour créer un modèle de simulation réaliste qui reflète fidèlement le fonctionnement d'un service d'urgence réel. Nous aborderons également les défis spécifiques associés à la gestion de l'incertitude, de la variabilité et de la demande fluctuante de patients.

Le troisième chapitre se concentrera sur l'application pratique des concepts et des connaissances précédents en utilisant le logiciel ARENA. Nous présenterons comment construire un modèle de simulation du service d'urgence en utilisant ARENA, en intégrant les éléments de l'organisation des soins. Nous explorerons également comment collecter et analyser des données de simulation pour évaluer les performances du service d'urgence, identifier les goulots d'étranglement, et proposer des améliorations potentielles.

A la fin, cette étude s'attache à fournir une vue d'ensemble complète de la modélisation et de la simulation d'un service d'urgence en utilisant le logiciel ARENA. En combinant la compréhension de la simulation à événements discrets, l'organisation des soins d'urgence, et l'application pratique de la simulation avec ARENA, nous espérons contribuer à l'amélioration des opérations et de la qualité des soins dans les services d'urgence, un domaine où chaque seconde compte

Chapitre I

**Introduction à la simulation à
événements discrets (focus sur les
systèmes de soins)**

I.1 Introduction :

Dans les derniers siècles, l'établissement de santé passe par l'optimisation de la qualité, des coûts et les délais. Dont lequel, il assure la protection et la promotion de la sante populaire.

En utilisant ce système qui est organisé de manière pour pouvoir prendre en charge les besoins de la population. En outre, il est assez significatif d'identifier le rôle remarquable de la technologie pour rendre le processus de service plus efficace dans lequel la simulation d'événements discrets met en évidence un grand impact sur tous les domaines en général et sur les soins de santé en particulier.

Cependant, la simulation et l'évaluation des performances des systèmes ont été développées et mise en œuvre, et elle est actuellement en pleine expansion.

La simulation a été utilisée depuis le début des années soixante. C'est un outil puissant d'imitation des systèmes de toutes disciplines, la simulation n'a cessé d'évoluer et de s'étendre dans les laboratoires et les structures de recherche dans le monde entier.

I.2 Contexte général de la simulation :

La simulation est largement utilisée dans le monde, la principale raison de son utilisation est la possibilité de la réalisation d'un modèle réaliste, elle est appropriée à l'étude des systèmes complexes et de grande taille, composés de plusieurs éléments en interaction car elle permet de répondre à certains problèmes à chaque fois qu'un modèle mathématique ne peut être trouvé ou que l'expérimentation se révèle impossible ou trop coûteuse [1].

I.2.1 Définition de la simulation :

Tout d'abord, la simulation est une stratégie ou bien méthode qui a marqué un changement radical et signifiant dans le milieu de l'industrie et les entreprises des services ; Elle consiste en une modélisation informatique où le changement de l'état d'un système, au cours du temps, est une suite d'évènements [discrets](#).

Simuler c'est reproduire pour l'observer, le fonctionnement de phénomènes physiques ou sociaux à l'aide d'un dispositif expérimental analogue. C'est reproduire artificiellement un système pour expérimenter les comportements possibles. L'expérimentation artificielle

intervient donc lorsque l'expérience réelle est soit impossible, soit trop coûteuse, soit trop complexe [2].

La simulation est une technique reliée aux modèles dynamiques. Elle tient compte du temps et des changements d'états de toutes les entités dans un modèle. Dans la simulation, on peut aussi parler de processus. En général, on peut dire qu'un processus est un modèle qui évolue dans le temps. On ne parlera que d'un processus comme une méthode d'analyse utilisant le point de vue de l'informatique. On prendra par exemple une file d'attente qui évolue dans le temps. Elle commence par être initialisée avec certaines propriétés et contraintes d'existence et ensuite elle se remplit. Elle arrivera peut-être à un état stable, en passant par des états extrêmes (de trop plein et de vide) et ainsi de suite avec un cycle répétitif ou non en fonction des "contraintes de vie" de ladite liste d'attente. Toute simulation qui est réalisée sur un ordinateur est dite simulation sur ordinateur [3].

Cependant, La simulation permet donc de suivre les dynamiques d'un modèle, d'un processus ou d'un système. Cette propriété est essentielle. Elle permet également de développer/tester et utiliser par la suite les méthodes, modèles et différentes théories pour lesquelles on a des doutes et pour dont les conséquences sont souvent méconnues. Nous pouvons ainsi modéliser des hypothèses difficilement réalisables à cause d'un coût de mise en œuvre important ou car des facteurs à risques sont détectés et elles doivent être évaluées le mieux possible au-préalable. Cette possibilité permet de réduire le fossé entre la théorie et la pratique.

En premier lieu, la simulation est utilisée dans tous les domaines mais La simulation en santé est très importante néanmoins joue un rôle très efficace, c'est une méthode de formation. Elle permet de réaliser une action d'évaluation et d'amélioration des pratiques et de gestion des risques [4].

De plus, La simulation en santé est une méthode pédagogique, basée sur l'apprentissage expérientiel et la pratique réflexive, qui s'adresse à tous les professionnels de santé. La simulation intègre des objectifs de formation, d'analyse des pratiques et/ ou de gestion des risques.

La simulation en santé correspond « à l'utilisation d'un matériel, de la réalité virtuelle ou d'un patient dit standardisé pour reproduire des situations ou des environnements de soins, pour enseigner des procédures diagnostiques et thérapeutiques et permettre de répéter des processus, des situations cliniques ou des prises de décision par un professionnel de santé ou une équipe de professionnels » [4].

I.2.2 Domaines d'application de la simulation :

Les domaines d'application de la simulation sont nombreux et divers :

I.2.2.1 Systèmes de production :

- Conception des systèmes de transfert entre des postes.
- Dimensionnement des stocks d'un atelier.
- Gestion de ressources de fabrication.
- Evaluation et gestion de la manutention.

I.2.2.2 Systèmes de transport :

- Conception et dimensionnement d'entrepôts.
- Étude des procédures de contrôle des flux des véhicules en circulation.
- Gestion du trafi

I.2.2.3 Systèmes informatiques et télécommunications :

- Etude de la file d'attente mémoire d'un serveur.
- Configuration des réseaux.
- Etude des comportements des utilisateurs.
- Architecture de base de données

I.2.2.4 Autres classes d'applications

- Domaine militaire (support logistique, coordination des opérations, ...)
- La gestion d'hôpitaux (personnel, lits, service d'urgence, ...)
- L'environnement (pollution et assainissement, métrologie,) [5].

I.2.3 Objectifs de la simulation :

La simulation peut couvrir tous les flux de l'entreprise car elle est capable de représenter : les flux physiques, les flux informationnels et les flux décisionnels, La simulation aide son utilisateur à :

- Comprendre le fonctionnement du système en apportant des connaissances additionnelles sur son comportement.
- Générer des solutions en fonction des paramètres ou de la structure du modèle étudié.

- Fournir des estimations réalistes (comportement attendu du système, variation à l'intérieur du système).
- Contrôler le système vers un état désiré [5].

En effet les objectifs, la simulation va permettre de chiffrer de manière concrète les gains de productivité générés par les différentes hypothèses. L'intervention de la simulation en amont des projets facilite la conception des unités de production et optimise les process. Voir la figure ci-dessus :

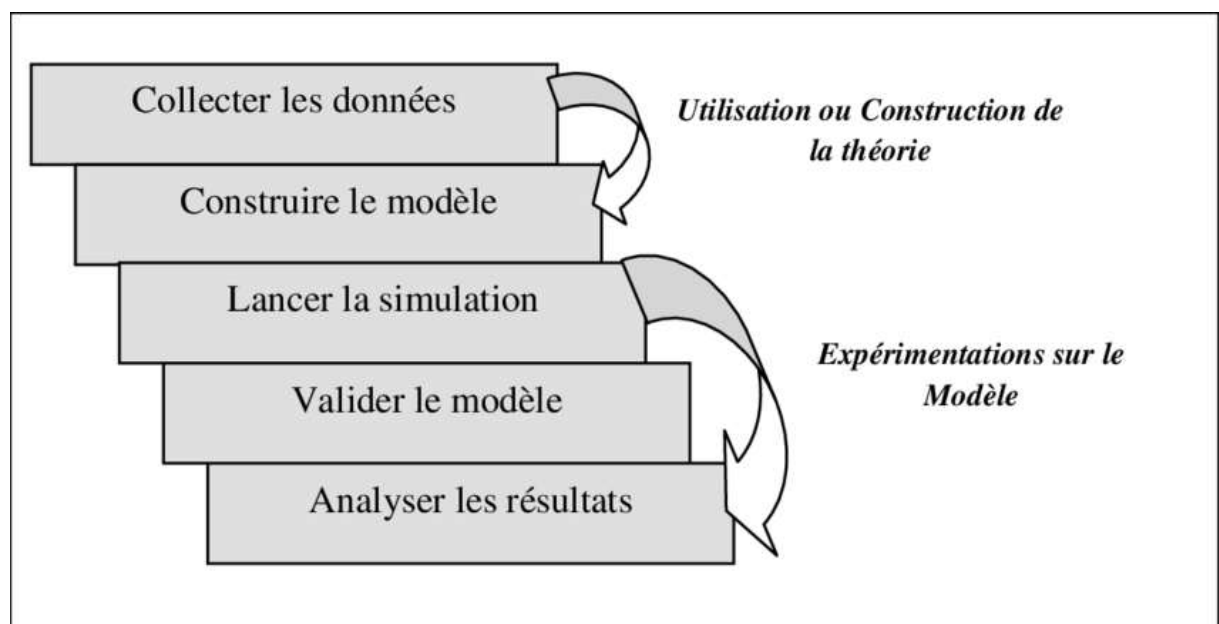


Figure I.1 : processus de la simulation

I.2.4 Les avantages de la simulation :

- Le modèle construit permet d'évaluer les différentes actions proposées comme les politiques, les procédures de fonctionnement, les règles de décisions, la structure organisationnelle, etc.
- Les goulets d'étranglement pour les flux d'informations et/ou physiques peuvent être facilement identifiés.

- Le déroulement du temps peut être contrôlé, ce qui permet de modéliser aussi bien des systèmes avec une condition d'arrêt comme les horaires de fonctionnement des points de vente d'habillement que des systèmes avec un fonctionnement continu comme les services des urgences médicaux.
- Permet de tester différents scénarios avec une grande flexibilité.
- La procédure de conception du modèle de simulation permet d'améliorer la connaissance du système analysé [6].

I.2.5 Les Inconvénients de la simulation :

- La programmation demande un certain niveau d'expertise. La qualité des résultats fournis lors de l'analyse des solutions est liée à la qualité de la modélisation et les compétences du modélisateur.
- La simulation peut être très coûteuse en temps de construction et de validation.
- Les résultats de la simulation sont généralement complexes à interpréter, parce que le modèle capture les phénomènes aléatoires du système réel : il est souvent difficile de déterminer si une observation faite dans le système est due à une relation significative dans le système ou à des phénomènes aléatoires introduits dans le modèle.
- La simulation n'est pas une technique d'optimisation au sens propre [6].

A cette fin, il faut purement exécuter une simulation de flux de production voici de quoi il s'agit :

I.3 La simulation de flux de production :

Permet de gérer la complexité des données. Lorsque l'outil de production comprend de nombreuses étapes, de nombreuses contraintes ou sites, la capacité de l'outil de simulation autorise l'intégration de cette multitude de données pour restituer des schémas complexes [7].

I.3.1 Les raisons d'utiliser la simulation de flux de production :

Raison n°1 : aider à la prise de décision

La simulation de flux aide à la prise de décision sur l'existant. Elle permet de quantifier les performances actuelles et de mettre en place des solutions au sein du schéma existant afin de mesurer le delta entre les différentes alternatives.

Raison n°2 : aider à la conception des futures unités de production

La simulation de flux aide à la conception des futures unités de production en qualifiant le projet et en dimensionnant les ressources nécessaires au fonctionnement attendu. Les technologies évoluant rapidement, la conception d'une usine peut être très différente d'une autre réalisée quelques années auparavant. La simulation permet par exemple de comparer des technologies A et B pour délivrer la performance de chacune et choisir la solution la plus adaptée.

Raison n°3 : émettre des solutions

La simulation de flux permet d'émettre des solutions vis-à-vis d'anomalies constatées et de modifier rapidement les process. Si une machine ne délivre pas les performances attendues par exemple, la simulation va mettre en évidence les conséquences de l'anomalie et proposer des hypothèses pour remédier au problème.

Raison n°4 : anticiper les soucis au démarrage

La simulation de flux sert à anticiper les soucis au démarrage. Lorsque la conception d'un atelier est réalisée via un logiciel de simulation comme Arena Simulation™ l'ensemble des flux et des paramètres sont maîtrisés pour éviter les mauvaises surprises lors du démarrage de l'activité. Tout retard étant préjudiciable pour l'usine et pour l'entreprise, l'enjeu financier est majeur, surtout lorsque les ressources mises en place ont nécessité un investissement important.

Raison n°5 : faciliter la compréhension du projet

La simulation de flux facilite la compréhension du projet par l'ensemble des parties prenantes. De la direction aux équipes, la modélisation de la future usine ou de la modification de l'existant permet de démontrer la performance du système choisi et d'argumenter de manière

chiffrée sur l'efficacité d'une solution. Elle représente une méthode de travail dans le projet pour fiabiliser l'argumentaire.

Raison n°6 : gérer la complexité des données

La simulation de flux de production permet de gérer la complexité des données. Lorsque l'outil de production comprend de nombreuses étapes, de nombreuses contraintes ou sites, la capacité de l'outil de simulation autorise l'intégration de cette multitude de données pour restituer des schémas complexes. La simulation de flux propose un dimensionnement de l'appareil productif par rapport à l'objectif ; une simple feuille de calcul ne saurait atteindre le niveau de performance d'un logiciel de simulation vis-à-vis de schémas particulièrement complexes et volumineux comme le démantèlement d'une centrale nucléaire par exemple.

Raison n°7 (et conclusion) : modéliser les schémas futurs

La simulation de flux permet de modéliser des schémas futurs et d'anticiper les conséquences des process définis. La simulation peut également être un outil opérationnel en phase d'exploitation. Elle permet d'afficher le modèle du système en l'état actuel (photo) pour aider à la décision. Par exemple, lorsqu'il s'agit de définir les intervalles de maintenance des machines, la simulation met en évidence les impacts à plusieurs mois pour déterminer à quel moment la maintenance peut être la moins contraignante pour le système [8].

I.3.2 Les logiciels de simulation de flux :

On a plusieurs logiciels de simulation et de modélisation de système de production parmi les simulateurs les plus utilisés :

- ARENA : un logiciel de simulation à événements discrets, développé par l'entreprise Rockwell Automation. C'est un environnement facile à utiliser qui permet une bonne visibilité et une bonne compréhension de la modélisation [9].
- Flexim : un logiciel de simulation d'événements discrets. FlexSim comporte une bibliothèque d'objets standards contenant des logiques et des blocs d'activités prédéfinis pour l'optimisation des flux. Ce logiciel de simulation de flux intègre des fonctionnalités en langage C++ [10].

- AnyLogic : AnyLogic est un outil de simulation développé par The AnyLogic Company. Il possède un langage de modélisation graphique et facilite également l'extension du modèle de simulation avec le code Java [11].
- Simul8 : un logiciel de simulation produit de SIMUL8 Corporation. C'est un outil de planification, de conception, d'optimisation et de réingénierie des systèmes de production, de fabrication et de logistique [12].

I.4 Historique de la simulation a évènement discret :

La première utilisation de la simulation à événements discrets dans le domaine des soins de santé remonte aux années 1960. À cette époque, des chercheurs ont utilisé des modèles de simulation pour étudier le flux de patients dans les hôpitaux et pour évaluer l'efficacité des stratégies de planification des ressources dans les établissements de soins de santé.

Par exemple, en 1967, un groupe de chercheurs de l'Université de Stanford a développé un modèle de simulation pour étudier les effets de différents horaires de travail sur les salles d'opération d'un hôpital. Le modèle a permis aux chercheurs de simuler différents scénarios en modifiant les horaires de travail et de déterminer les avantages et les inconvénients de chaque option.

Depuis lors, la simulation à événements discrets est devenue une méthode courante pour l'analyse des systèmes de soins de santé, en particulier pour la planification et l'optimisation des ressources. Les modèles de simulation sont souvent utilisés pour simuler des situations complexes, telles que les services d'urgence, les admissions aux urgences, les délais d'attente, et les temps de séjour des patients. Les résultats de ces simulations peuvent aider à améliorer l'efficacité et la qualité des soins de santé en identifiant les goulots d'étranglement, en optimisant les ressources et en réduisant les coûts.

I.4.1 Définition de la simulation a évènement discret :

La simulation à événement discret (SED) est une technique de modélisation de systèmes dynamiques où les événements sont considérés comme des occurrences discrètes dans le temps. C'est une méthode qui permet de modéliser le comportement d'un système en simulant les événements qui le régissent. Cette méthode est largement utilisée dans de nombreux domaines, y compris les systèmes de soins de santé.

La simulation d'événements discrets est le processus de codification du comportement d'un système complexe sous la forme d'une séquence ordonnée d'événements bien définis. Dans ce contexte, un événement comprend un changement spécifique de l'état du système à un moment précis.

La simulation de type Monté-Carlo est utilisée pour les systèmes statiques, c'est-à-dire ceux qui restent relativement constants dans le temps.

La simulation continue est employée pour les systèmes dynamiques, qui évoluent de manière continue et régulière.

La simulation à événements discrets est destinée aux systèmes dynamiques qui changent de manière discrète, c'est-à-dire que leurs états se modifient en réaction à des événements spécifiques.

Un système à événements discrets connaît des variations d'état précises à chaque occurrence d'événements. Chaque simulateur à événements discrets nécessite au minimum certains des composants suivants :**[13]**

- L'ordonnanceur d'évènement (Event sheduler) : il gère la liste de tous les évènements en attente en activant ou en suspendant les routines associées au moment approprié. En outre, il met à jour l'horloge de simulation.
- L'horloge de simulation : elle mémorise le temps de simulation courant. Elle pourrait être mis à jour par l'ordonnanceur en fonction d'un incrément progressif fixe ou à l'apparence des évènements.
- Traitement des évènements (Event processing) : Chaque évènement a ses propres routines de traitement qui représentent ce qui se passe lorsque l'évènement se produit. Ces routines peuvent changer l'état global ou générer des évènements supplémentaires qui doivent être insérés dans la liste d'évènements de l'ordonnanceur.

- Les mécanismes de génération des événements (Event generation mechanisms) : Il existe trois techniques pour générer des événements : exécution driven, trace driven et distribution driven.
- L'enregistrement des données et les routines de récapitulation (Data recording and summarization routines) : En plus de maintenir les variables d'état, le simulateur doit également tenir les mesures temporelles et les enregistrements d'événements. Ces valeurs sont utilisées pour calculer les statistiques qui résument les résultats de la simulation.

Pour élaborer un modèle de simulation à événements discrets, le créateur doit sélectionner une méthode de modélisation. En pratique, il existe trois principales méthodes pour représenter un système de ce type : [13]

- L'approche par interaction de processus : c'est la plus intuitive. Elle se compose d'un ensemble de processus en interaction. Chaque processus modélise le cycle de vie d'un objet du système. Un processus est une séquence bien ordonnée d'activités qui sont logiquement liées.
- L'approche par événements : elle définit tous les événements pertinents et les modifications liées (actions) qui doivent avoir lieu pour chacun.
- L'approche par activités : elle définit toutes les activités qui peuvent être réalisées par les objets du système et les actions à exécuter au début et à la fin de chaque activité, ainsi que la durée de chacune.

Par contre, comme cela a été évoqué dans l'article précédent concernant les différents types, il est nécessaire de faire la lumière sur les deux concepts liés que sont la simulation et la modélisation.

La modélisation est l'action de construire un modèle. Une simulation est le processus d'utilisation d'un modèle pour étudier le comportement et les performances d'un système réel ou théorique. Dans une simulation, les modèles peuvent être utilisés pour étudier les caractéristiques existantes ou proposées d'un système.

La modélisation de simulation permet de résoudre des problèmes concrets de façon sûre et efficace. Il s'agit d'une méthode d'analyse importante et qui est facile à vérifier, à communiquer et à comprendre. Quels que soient les secteurs et les disciplines, la modélisation sa simulation

offre des solutions précieuses en permettant d'avoir une vision claire de systèmes complexes [14].

I.5 Établissement de la santé :

Dans le présent article et d'après les statistiques algériennes de la santé ; L'Algérie dispose de 273 établissements publics de santé de proximité (EPSP), 1 706 polycliniques, 6 207 salles de soins, 534 maternités de proximité intégrées à des polycliniques, 16 centres hospitalo-universitaires (CHU) (13 755 lits) et 83 établissements hospitaliers spécialisés (EHS) (13 124 lits).

L'établissement de santé est une structure définie par un statut légal, et dont les missions sont fixées par le Code de la santé publique. Ces missions sont exécutées dans le cadre d'un système de valeurs et d'obligations de service public. La compétence d'un établissement de santé peut être de nature communale, intercommunale, départementale, régionale, ou nationale [15].

I.5.1 Type d'Établissement de la santé :

- Des **établissements publics** : centres hospitaliers régionaux, centres hospitaliers universitaires (CHR/CHU), centres hospitaliers (CH), établissements de soins de longue durée ;
- Des **établissements privés** : structures à but lucratif (cliniques privées) et non lucratif (centres de lutte contre le cancer, par exemple.) [15].

I.5.2 Principes d'organisation des systèmes de soins dans le monde :

Il est classique de définir l'État-providence en distinguant deux grands modèles : l'État-providence bismarckien, fondé en Allemagne par les lois de 1880, et l'État-providence beveridgien qui, fondé sur le rapport des « *social insurance and allied services* » de 1942 (dit « rapport Beveridge »), naît au Royaume-Uni après la Seconde Guerre mondiale. Le premier est fondé sur le mécanisme des assurances sociales, dans lequel les prestations sont la contrepartie de cotisations, tandis que le second, financé par l'impôt, fournit des prestations accessibles à tous les membres de société. Encore aujourd'hui le principe de financement de l'ensemble des systèmes de soins répond à

cette dichotomie « bismarckien ou beveridgien »* et, d'une manière plus générale, les systèmes de soins sont constitués de trois composantes qui interagissent entre elles :

- Les professionnels de santé
- Les institutions nationales et infranationales en charge de leur financement
- Les patients et leur entourage

I.6 Définition de système de soins :

Dans la définition large qui est donnée du système de santé, le système de soins est l'un des sous-systèmes, qui contribue, aux côtés des autres sous-systèmes, au niveau de santé d'une population. Le système de soins correspond à l'ensemble des services qui fournissent des prestations à la population, dans le but d'améliorer sa santé. Cependant, le terme système de santé est fréquemment utilisé dans un sens plus restrictif, qui en fait un synonyme de système de soins. Pour l'Organisation mondiale de la Santé, le système de santé correspond à la totalité des organisations, institutions et ressources consacrées à la production d'interventions sanitaires [16].

I.6.1 Les principaux acteurs de tout système de soins :

1. La première boîte correspond à la demande de soins, elle contient les pièces suivantes : population, usagers, entreprises, salariés, travailleurs indépendants.
2. La seconde boîte correspond à l'offre de soins, elle contient les pièces suivantes : médecins généralistes, médecins spécialistes, pharmaciens, hôpitaux. On peut distinguer au niveau de l'offre 2 niveaux de soins : les soins primaires, qui sont les soins de première ligne, répondant à une demande de soins exprimée directement par la population (consultation et visite de médecine générale, accueil d'urgence à l'hôpital) et les soins secondaires répondant à une demande médiatisée par les professionnels de première ligne (soins de spécialistes, prescription d'examens complémentaires et de médicaments, hospitalisation programmée).
3. La troisième boîte correspond au tiers-financier, elle contient, selon les systèmes, les pièces : assurance-maladie, assurances privées, mutuelles, Etat, Régions. Cette boîte est indispensable, car l'échange de biens et services de santé ne peut pas se concevoir

dans le cadre des lois du marché (théorie libérale), avec un utilisateur choisissant et payant intégralement sa consommation de soins.

4. La quatrième boîte correspond à l'Etat et aux pouvoirs publics qui, quels que soient le système politique, doivent impérativement s'engager dans le fonctionnement du système pour des missions de définition de normes, de cadre réglementaire d'exercice, de fixation des règles du jeu, de régulation générale du système etc...

Ces quatre boîtes principales sont reliées entre elles par des « pièces de liaison », matérialisées par des flèches, qui représentent :

- Des flux d'argent, dont la nature est variable selon le type de système (honoraire, salaire, capitation, cotisations, prime d'assurance, impôt, remboursement, dotation globale...)
- Des flux de personnes : libre choix, choix réglementé...
- Ou des flux d'informations : besoins de santé, niveau d'activités, normes techniques, cadre réglementaire

I.6.2 Les quatre valeurs essentielles d'un système de soins :

L'OMS propose 4 valeurs essentielles, susceptibles de guider l'élaboration et l'évaluation des systèmes de santé, valeurs qu'elle présente sous la forme d'un diagramme orthogonal, qu'elle considère comme la représentation de la « boussole de la santé »

La qualité : aptitude du système à fournir des réponses satisfaisantes aux besoins de santé d'une personne. La qualité des soins peut être examinée sous l'angle des utilisateurs du système (qui attendent qu'on réponde à leurs besoins avec humanisme, respect et attention personnelle, en leur proposant une gamme complète de services) et sous l'angle des professionnels de santé (soins conformes aux référentiels de bonne pratique et aux données actuelles de la science).

L'équité_: capacité du système à permettre que toute personne de la population ait un accès garanti à un ensemble minimal de services appropriés, répondant à ses besoins, sans discrimination de race, sexe, âge, groupe ethnique ou religieux, niveau socio-économique...

La pertinence : aptitude du système à agir prioritairement sur les besoins ou problèmes de santé reconnus comme étant les plus importants (problèmes prioritaires), et à cibler les services sur les personnes ou les groupes qui en ont le plus besoin.

L'efficience : capacité du système à faire le meilleur usage possible des ressources disponibles. Elle implique de connaître le coût des différentes prestations et leur efficacité respective et de prendre en compte ces données dans la politique de santé.

I.6.3 Les modèles de système de soins :

Le système de soins étatique, où l'Etat joue le rôle principal, en étant à la fois le contrôleur, le planificateur et le financeur de l'ensemble du dispositif, qui relève ainsi exclusivement du secteur public : modèle du « système national de santé ».

Le système de soins libéral, où le rôle de l'Etat se limite à la définition des règles du jeu et aux contrôles réglementaires indispensables et où une large autonomie est laissée à la fois aux usagers et aux professionnels offreurs de soins, le financement du système étant assuré par une offre concurrentielle d'assureurs privés. Si l'utilisateur a le libre choix de souscrire tel ou tel contrat d'assurance, son accès au système de soins, qui relève exclusivement du secteur privé, est conditionné par le type de contrat souscrit. En effet, Les systèmes de soins de santé sont des infrastructures complexes qui comprennent un large éventail d'acteurs, de services et de processus, visant à offrir des soins de qualité aux patients. Les systèmes de soins varient considérablement d'un pays à l'autre, en fonction des ressources disponibles, des politiques de santé, des priorités nationales et des cultures locales. Cependant, tous les systèmes de soins ont pour objectif commun de répondre aux besoins en matière de santé des populations qu'ils desservent.

Les systèmes de soins sont généralement constitués de plusieurs niveaux de soins, allant des soins primaires aux soins tertiaires. Les soins primaires sont généralement fournis par des médecins généralistes, des infirmiers et des professionnels de la santé communautaires, tandis que les soins tertiaires sont dispensés par des hôpitaux spécialisés et des centres de recherche.

Les systèmes de soins de santé peuvent également inclure des programmes de prévention et de promotion de la santé, tels que les campagnes de vaccination, la promotion de l'hygiène, la prévention des maladies chroniques et la lutte contre les maladies infectieuses.

Le financement des systèmes de soins de santé est souvent un défi majeur. Les gouvernements, les compagnies d'assurance maladie, les employeurs et les individus contribuent tous au financement des soins de santé. Les politiques de financement peuvent avoir un impact important sur l'accès aux soins de santé, la qualité des soins et l'efficacité des systèmes de soins.

Enfin, les systèmes de soins de santé sont souvent confrontés à des défis tels que le vieillissement de la population, l'augmentation des coûts de la santé, la complexité des technologies médicales, les inégalités en matière d'accès aux soins et les maladies émergentes. Les professionnels de la santé, les décideurs politiques et les chercheurs travaillent ensemble pour relever ces défis et améliorer les soins de santé pour tous [16].

I.7 La simulation à événement discret sur les systèmes de soins :

En utilisant la simulation à événement discret pour simuler un système de soins de santé, il est possible de modéliser les processus clés tels que les flux de patients, les délais d'attente, les niveaux de ressources nécessaires (par exemple, personnel, équipement, fournitures), les protocoles de traitement et les politiques de santé. Les modèles de simulation peuvent être utilisés pour évaluer les performances du système, identifier les goulets d'étranglement, optimiser les ressources et concevoir des politiques de santé plus efficaces.

Un exemple d'utilisation de la SED dans le domaine des soins de santé est la modélisation de l'impact de différentes politiques de vaccination contre une maladie infectieuse. En utilisant un modèle de SED, les chercheurs peuvent simuler la propagation de la maladie dans la population, évaluer l'impact de différentes stratégies de vaccination et déterminer la meilleure approche pour minimiser la propagation de la maladie.

La SED peut également être utilisée pour évaluer l'impact de la demande de soins de santé sur les ressources disponibles. Par exemple, en simulant les flux de patients dans un hôpital, les chercheurs peuvent identifier les moments où la demande de soins dépasse la capacité de l'hôpital et concevoir des stratégies pour éviter les temps d'attente excessifs.

La simulation événement discret est une méthode de modélisation qui permet de simuler les systèmes dynamiques complexes en modélisant les événements qui se produisent dans le

système et les changements qui en résultent. Cette méthode est largement utilisée pour simuler les systèmes de soins de santé afin d'explorer les impacts potentiels de diverses politiques et interventions sur la qualité des soins, l'efficacité et les coûts. Dans les systèmes de soins de santé, la simulation à événements discrets peut être utilisée pour modéliser les processus tels que l'admission des patients, les consultations médicales, les procédures chirurgicales, les soins de suivi, la gestion des ressources humaines et matérielles, la gestion des stocks de médicaments et d'équipements médicaux, et la planification des services de soins de santé. En utilisant la simulation événements discrets, les modélisateurs peuvent tester différents scénarios pour évaluer leur impact sur le système de soins, tels que l'impact de l'introduction de nouvelles technologies, la mise en place de politiques de santé publique, ou encore les changements dans les protocoles de traitement. La simulation événement discret peut également être utilisée pour évaluer les performances des systèmes de soins existants et identifier les domaines qui nécessitent des améliorations. Les résultats de la simulation peuvent aider les décideurs politiques et les professionnels de la santé à prendre des décisions éclairées sur la manière de mieux allouer les ressources, améliorer la qualité des soins et réduire les coûts.

En résumé, la SED est une technique puissante pour modéliser et analyser les systèmes de soins de santé. En utilisant la SED, il est possible de simuler différents scénarios et d'optimiser les ressources pour améliorer l'efficacité et la qualité des soins de santé. La simulation événement discret est un outil précieux pour modéliser et simuler les systèmes de soins de santé. Cette méthode permet aux chercheurs et aux professionnels de la santé d'explorer les impacts potentiels de différentes interventions et politiques sur les systèmes de soins de santé, ce qui peut aider à améliorer la qualité des soins, l'efficacité et les coûts [17].

I.8 Conclusion :

En conclusion, la simulation à événements discrets est un outil précieux pour améliorer les systèmes de soins de santé. Elle permet de mieux comprendre comment fonctionnent les hôpitaux et les cliniques, d'optimiser l'utilisation des ressources, et d'améliorer la qualité des soins. Cette approche offre également la possibilité d'anticiper les problèmes et de tester des solutions avant de les mettre en œuvre dans la réalité. En utilisant la simulation à événements discrets, les professionnels de la santé peuvent travailler plus efficacement pour fournir des soins de meilleure qualité à leurs patients, tout en gérant de manière plus intelligente les défis qui se présentent.

Chapitre II

Organisation des Soins dans un Service d'Urgence

II.1 Introduction

Ce chapitre se concentre sur la modélisation des soins dans un service d'urgence. Il explore les différentes étapes et les considérations clés pour une prise en charge efficace des patients et une allocation appropriée des ressources. La modélisation des soins d'urgence joue un rôle crucial dans la planification et l'optimisation des processus, en veillant à ce que les patients reçoivent les soins appropriés en fonction de leur état de santé. Ce chapitre examine le triage des patients, le flux de travail clinique, la gestion des ressources et de la capacité, l'intégration des technologies et la gestion des situations d'urgence. L'objectif principal est de fournir aux professionnels de la santé des informations pratiques et des stratégies pour améliorer la qualité des soins dans un service d'urgence.

II.2 La modélisation

II.2.1 Définition

La modélisation consiste à définir les points suivants : Le système, Le modèle, L'objectif, Un critère de rentabilité.

- ✓ Le système : il y a de nombreuses définitions qui ont été attribuées au système :
 - Ensemble de composants reliés entre eux.
 - Ensemble organisé d'éléments fonctionnels.
 - Assemblage d'éléments fonctionnant de manière unitaire et en interaction

Permanente.

- ✓ Le modèle : structure simplifiée de la réalité qui ne contient pas que les caractéristiques estimées importantes pour l'étude du système.
- ✓ L'objectif : le but pour lequel de modèle a été élaboré.
- ✓ Un critère de rentabilité : un critère économique qui justifie l'utilisation D'un modèle [18].

II.2.2 La modélisation des soins

La modélisation des soins dans un service d'urgence consiste à organiser les différentes étapes de la prise en charge des patients afin de garantir une réponse rapide et efficace aux besoins

médicaux de chaque patient. Cela implique notamment la mise en place de protocoles de triage, de gestion des flux de patients, de coordination entre les différents professionnels de santé et de communication avec les patients et leur famille [19].

II.2.3 Les différents types

En modélisation des soins, différents types de modèles peuvent être utilisés pour représenter et analyser les processus de prestation des soins de santé. Voici quelques-uns des types de modèles couramment utilisés :

- **Modèles de simulation** : Les modèles de simulation reproduisent le fonctionnement d'un système de soins de santé en utilisant des hypothèses, des règles et des variables. Ils permettent d'observer et d'analyser le comportement du système dans des scénarios différents. Les modèles de simulation peuvent être utilisés pour étudier les flux de patients, l'allocation des ressources, les temps d'attente, les performances des processus et d'autres aspects du système de soins.
- **Modèles de file d'attente** : Les modèles de file d'attente sont utilisés pour analyser les temps d'attente et les files d'attente dans les systèmes de soins de santé. Ils prennent en compte des paramètres tels que le nombre de ressources disponibles, le débit d'arrivée des patients, les temps de service et les politiques d'ordonnancement. Ces modèles permettent de déterminer les temps d'attente moyens, les temps d'occupation des ressources et d'évaluer l'efficacité des processus de soins.
- **Modèles de régression** : Les modèles de régression sont utilisés pour analyser les relations entre différentes variables et prédire les résultats des soins de santé. Par exemple, ils peuvent être utilisés pour évaluer l'impact d'un traitement sur les résultats des patients en prenant en compte des variables telles que l'âge, le sexe, les comorbidités, etc. Ces modèles permettent de mieux comprendre les facteurs qui influencent les résultats des soins.
- **Modèles de réseau** : Les modèles de réseau représentent les connexions entre différents acteurs et entités dans le système de soins de santé, tels que les hôpitaux, les cliniques, les laboratoires, etc. Ils permettent d'étudier les flux de patients, les transferts de soins, les collaborations entre les prestataires de soins et les relations entre les différents points de service.

- Modèles de décision : Les modèles de décision sont utilisés pour prendre des décisions concernant l'allocation des ressources, les politiques de santé et d'autres aspects de la prestation des soins. Ils intègrent des données, des objectifs et des contraintes pour recommander des actions optimales ou évaluer différentes options de décision [19].

II.2.4 Les avantages de la modélisation des soins

- Optimisation des décisions cliniques : La modélisation des soins permet d'analyser de grandes quantités de données cliniques pour identifier les meilleures approches de traitement. Cela aide les professionnels de la santé à prendre des décisions éclairées et à fournir des soins personnalisés basés sur des preuves solides.
- Prévention et détection précoce des maladies : Les modèles de soins peuvent être utilisés pour prédire les risques individuels de développer certaines maladies, ce qui permet une intervention préventive et un dépistage précoce. Cela contribue à réduire la morbidité et la mortalité en identifiant les patients à risque élevé et en les dirigeant vers des interventions ciblées.
- Amélioration de la gestion des ressources : en identifiant les schémas de fréquentation des patients et en optimisant la planification des services de santé. Cela permet une allocation plus efficace des ressources et une meilleure gestion des files d'attente.
- Personnalisation des traitements : Les modèles de soins permettent de développer des approches de traitement personnalisées en fonction des caractéristiques individuelles des patients. En utilisant des données démographiques, cliniques et génétiques, les modèles peuvent prédire la réponse d'un patient à un traitement spécifique, ce qui conduit à des soins plus précis et efficaces.
- Réduction des coûts : En optimisant les décisions cliniques, en prévenant les complications et en évitant les traitements inutiles, la modélisation des soins contribue à réduire les coûts de santé. Une meilleure gestion des ressources, une utilisation plus efficace des services médicaux et une diminution des hospitalisations non nécessaires peuvent avoir un impact significatif sur les dépenses globales de santé.
- Recherche médicale et développement de médicaments : La modélisation des soins facilite la recherche médicale en fournissant des outils pour l'analyse de données cliniques et la modélisation de résultats. Cela permet d'identifier de nouvelles

associations entre les facteurs de risque, les traitements et les résultats cliniques, ainsi que de soutenir le développement de nouveaux médicaments et thérapies.

II.2.5 LES OBJECTIFS DE LA MODELISATION

La modélisation dans les hôpitaux, née des besoins issus de l'accroissement de la complexité des services hospitaliers, est une discipline qui a pour objectif de pouvoir modéliser les systèmes hospitaliers en tenant compte des nombreux facteurs entrant de compte dans leurs comportements réels. Ainsi le recours à la modélisation est caractérisé par différents objectifs.

Le recours à la modélisation des systèmes de biens et de services se justifie par les raisons suivantes : [20].

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

Nous avons recours à la modélisation des processus dans un service d'urgence pour les raisons suivantes : [21].

- Elle favorise une description du fonctionnement de l'établissement en termes concrets et améliore ainsi la lisibilité des organisations et des responsabilités au sein des différents processus [22].
- Elle permet de placer le patient au centre des préoccupations et de mieux comprendre son parcours au sein de l'hôpital et de le sécuriser ;
- Elle assure une vision transversale de l'organisation : les processus peuvent mettre en évidence que des activités en apparence non reliées font en fait partie d'une même séquence ; la modélisation des processus a ainsi permis aux participants d'abandonner, au niveau du système d'information tout au moins, la vision métier pour une approche beaucoup plus transversale ;

- Elle contribue à aider l'établissement hospitalier à mieux connaître ses besoins réels ;

Modélisation du service d'urgence 65 –

Elle permet de préparer la mise en place d'un système décisionnel garantissant l'efficacité de l'organisation hospitalière. Ainsi, la modélisation d'entreprise selon F. « a pour objet la construction de modèles d'une partie déterminée d'une entreprise pour en expliquer la structure, le fonctionnement et en analyser le comportement ». Ainsi, l'un des objectifs essentiels de la modélisation d'entreprise est de produire de la connaissance sur une entreprise pour permettre une analyse. Dans notre cas il s'agit de la connaissance du processus des flux de patients. Divers méthodes et outils de modélisation des processus métier ont été développés [23].

II.3 Les urgences

Le dictionnaire définit le terme « Urgences » (au pluriel) désignant le «service hospitalier où sont dirigés les blessés et les malades dont l'état nécessite un traitement immédiat ».C'est ce qui correspond au Service d'Accueil des Urgences Hospitalières [24].

II.3.1 Définition du service d'urgence

Le service d'urgence, également appelé service des urgences ou service d'urgence médicale, est une composante essentielle d'un établissement de santé. Il s'agit d'un département spécialement conçu pour la prise en charge rapide et efficace des patients présentant des situations médicales urgentes.

Le service d'urgence est généralement ouvert 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, afin de pouvoir répondre aux besoins médicaux urgents à tout moment. Il accueille les patients qui se présentent spontanément à l'hôpital avec des problèmes de santé aigus ou des blessures graves, ainsi que ceux qui sont référés par d'autres professionnels de la santé ou par le système d'urgence médical. La principale fonction du service d'urgence est d'évaluer, de stabiliser et de traiter les patients en fonction de la gravité de leur condition médicale. Les médecins, les infirmières et les autres professionnels de la santé travaillant dans le service d'urgence sont formés pour faire face à une variété de situations d'urgence, allant des traumatismes aux problèmes médicaux aigus tels que les accidents vasculaires cérébraux, les crises cardiaques, les problèmes respiratoires critiques, les infections sévères, etc.

Le service d'urgence est équipé pour fournir des soins médicaux initiaux, tels que la stabilisation des patients, la réalisation d'examen diagnostiques de base, la gestion de la douleur, l'administration de médicaments d'urgence et l'initiation de traitements spécialisés.

Selon la gravité de la condition du patient, il peut être décidé de le traiter sur place dans le service d'urgence ou de le transférer vers un autre service spécialisé pour une prise en charge plus approfondie. Outre la prise en charge médicale, le service d'urgence joue également un rôle crucial dans la coordination des soins. Il facilite la communication et la collaboration entre les différents services de l'établissement de santé, tels que la radiologie, la chirurgie, la cardiologie, la neurologie, etc., pour assurer une prise en charge globale et complète du patient. En résumé, le service d'urgence est un département vital au sein d'un établissement de santé, offrant une prise en charge médicale rapide et spécialisée aux patients présentant des situations médicales urgentes. Il joue un rôle essentiel dans la sauvegarde des vies, la stabilisation des patients et l'initiation des soins nécessaires dans des délais critiques [25].

II.3.2 L'organisation des services d'urgences

Il existe différents secteurs au sein d'un même service d'urgence pour permettre une meilleure prise en charge des différents patients. C'est pourquoi on peut y retrouver :

- Une partie ambulatoire pour tous les blessés qui nécessitent des soins de courte durée et qui pourront retourner à leur domicile assez rapidement.
- Une partie pré-hospitalisation pour ceux qui passeront quelques jours ou quelques semaines à l'hôpital [26].

II.3.3 Norme de prise en charge des services d'urgences

D'après le code de la Santé Publique, les établissements de santé accueillant un service des urgences doivent assurer aux patients :

- La présence d'au moins un médecin dans le service, ainsi que celle du personnel paramédical est obligatoire, et ceci 24h/24h

- Un accès permanent et sans délai, 24h/24, en leur sein ou par convention avec d'autres établissements à un plateau technique de chirurgie, d'imagerie médicale et d'analyses de biologie médicale.
- Des professionnels compétents en la matière (personnels de bloc opératoire, manipulateurs en 'électroradiologie, techniciens de laboratoire...) [27].

II.3.4 Le cheminement du patient

Effectivement, le parcours du patient peut commencer au service des urgences, où il reçoit les premiers soins en cas de situation d'urgence médicale. Les professionnels de santé évalueront rapidement son état de santé, effectueront des examens complémentaires si nécessaire et mettront en place un traitement initial pour stabiliser le patient.

À partir de là, comme vous l'avez mentionné, deux scénarios sont possibles :

- Amélioration de l'état du patient : Si l'état du patient s'améliore après les soins prodigués aux urgences et que les médecins estiment qu'il peut être traité de manière appropriée en dehors de l'hôpital, il sera autorisé à sortir. Les médecins peuvent prescrire des médicaments à prendre à domicile, recommander des mesures d'auto-soins ou proposer un suivi médical ultérieur en consultation externe.
- Détérioration de l'état du patient : Si l'état du patient se détériore après son arrivée aux urgences ou si sa condition nécessite des soins continus et plus intensifs, une hospitalisation devient nécessaire. Dans ce cas, le patient sera admis dans une unité hospitalière appropriée, telle qu'une unité de soins intensifs, une unité de cardiologie, une unité de chirurgie, etc. Il sera pris en charge par une équipe médicale spécialisée qui poursuivra les investigations, le traitement et les soins nécessaires pour traiter sa condition médicale.

Il est important de noter que le parcours du patient peut varier en fonction de la gravité de sa condition médicale, des protocoles médicaux spécifiques à chaque établissement de santé, ainsi que des ressources disponibles. Chaque patient est évalué individuellement et reçoit des soins adaptés à sa situation clinique sa situation clinique [28].

II.4 Présentation de l'EHU D'ORAN

L'établissement hospitalier universitaire d'Oran -ci-après dénommé par abréviation « EHU - est un établissement public à caractère spécifique, doté de la personnalité morale et l'autonomie financière, sous la tutelle administrative du ministre de santé.

L'établissement hospitalier et universitaire (E.H.U) est organisé en structures hospitalo-Universitaires créées par arrêté conjoint des ministres chargés de la santé et de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique (voir figure II.1).

La tutelle pédagogique universitaire est assurée par le ministre chargé de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique [29].



Figure II.1 : Vue générale de l'EHU d'Oran

II.4.1 Activités de l'EHU d'Oran

Plusieurs activités sont disponibles au sein de l'EHU d'ORAN tel que :

- La prévention et les soins de base.
- Le diagnostic
- Les soins de proximité

- Les consultations de médecine générale et les consultations de médecin spécialisé de base.
- Les activités liées à la santé reproductive et à la planification familiale.
- La mise en œuvre des programmes nationaux de santé et de population [30].

II.4.2 L'organigramme de l'EHU d'Oran

Un organigramme de l'Etablissement Hospitalier Universitaire (EHU) est une représentation visuelle et schématique de la structure organisationnelle de cet établissement de santé. Il présente une vue d'ensemble des différents départements, services, unités et postes de responsabilité au sein de l'EHU. Cet outil graphique permet de visualiser la hiérarchie, les relations fonctionnelles, et les responsabilités des individus ou des équipes au sein de l'établissement, facilitant ainsi la compréhension de la répartition des tâches et de la coordination des activités médicales et administratives. Un organigramme de l'EHU peut inclure des informations sur les directeurs, les chefs de service, les médecins, les infirmières, les techniciens, et d'autres membres du personnel, contribuant ainsi à une gestion efficace de l'hôpital et à une meilleure communication interne. L'organigramme de l'EHU-Oran est illustré dans la figure II.2

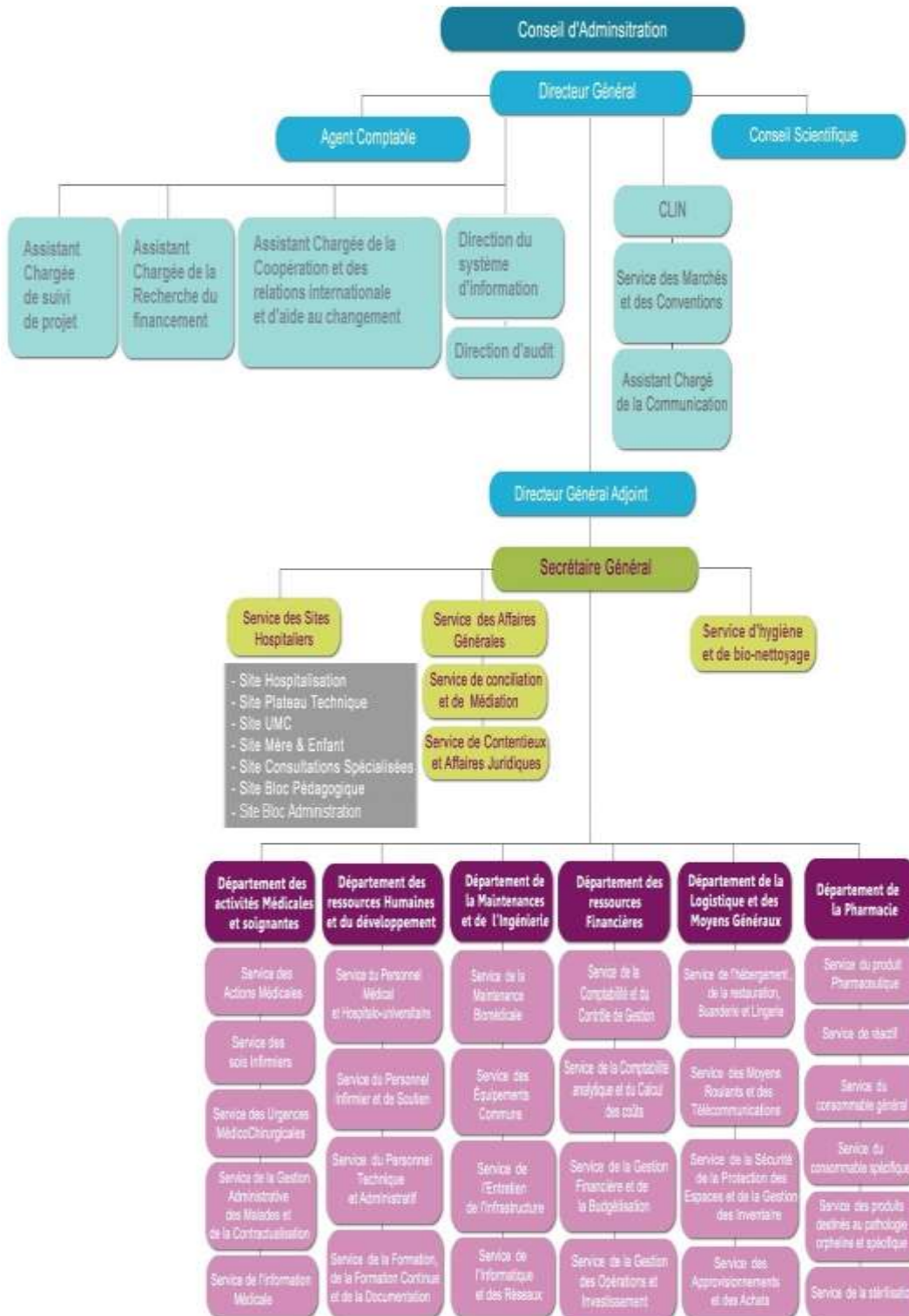


Figure II.2 : Organigramme général de l'hôpital EHU

II.4.3 Offre de soins dans l'UMC de l'EHU d'Oran

Il est composé de l'ensemble des infrastructures et installations de Santé (fixes et mobiles), des ressources humaines qui leur sont affectées, ainsi que des moyens mis en œuvre pour produire des prestations de soins et des services afin de répondre de façon optimale aux besoins de santé des individus et des collectivités.

L'EHU d'Oran est structuré autour de ces six services comme le montre la figure II.3 :

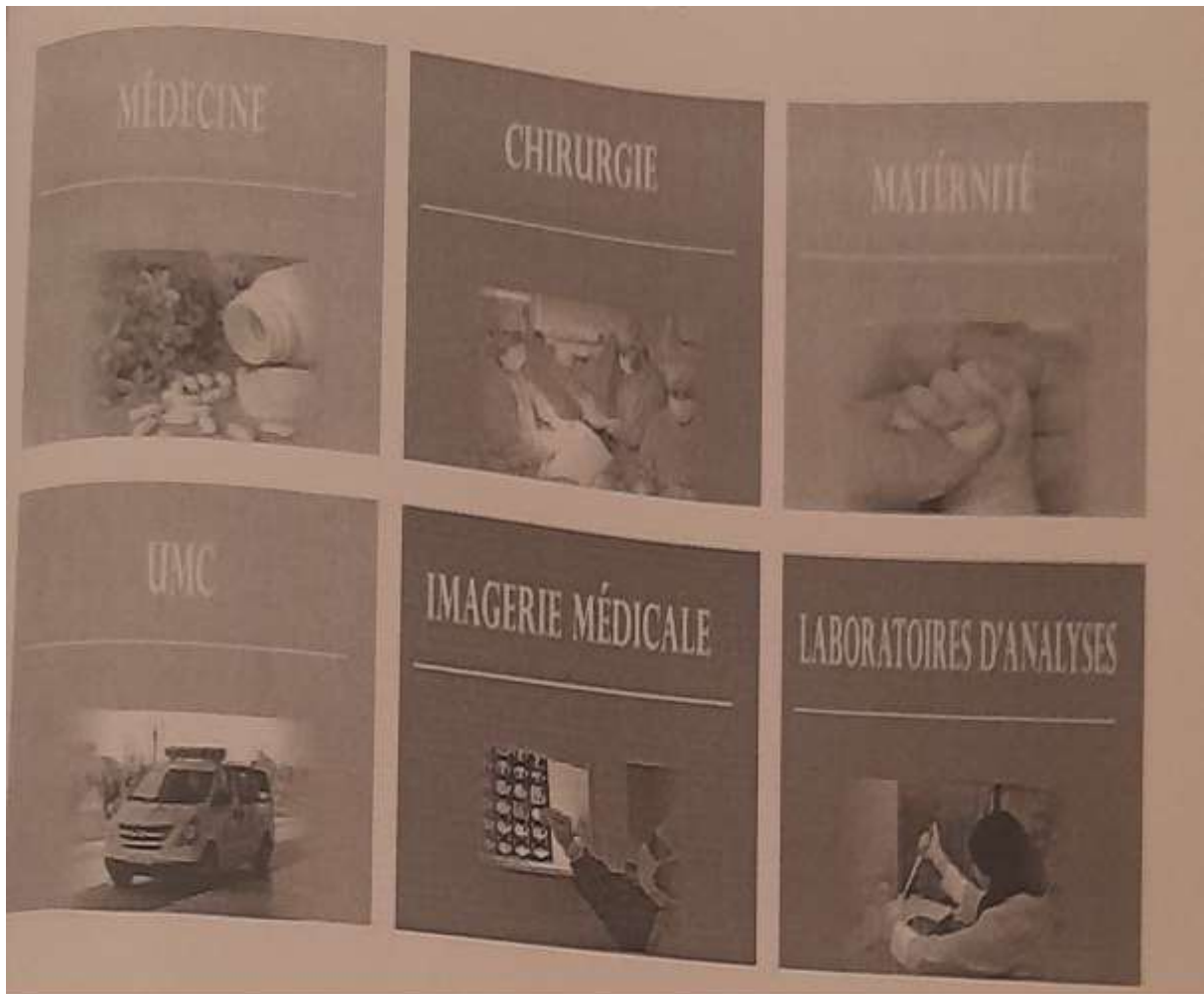


Figure II.3 : les services de l'EHU d'Oran

II.4.3.1 Service de Médecine :

Ce service comprend plusieurs spécialités telles que l'anesthésie-réanimation, la cardiologie, la dermatologie, la gastro-entérologie, l'endocrinologie/diabétologie, la gynécologie obstétrique, l'hématologie, l'épidémiologie/médecine préventive, la médecine du travail, la médecine interne, la médecine légale, la neurophysiologie, la pneumologie, la chirurgie, l'imagerie

médicale, la médecine physique et réadaptation, la néphrologie/maladies des reins, la réanimation médicale, l'oncologie, la neurologie et la réanimation pédiatrique.

II.4.3.2 Service de Chirurgie : Ce service englobe différentes spécialités chirurgicales telles que la chirurgie cardiaque, la chirurgie générale, la chirurgie hépatobiliaire, la chirurgie maxillo-faciale, la chirurgie thoracique, la chirurgie vasculaire, la neurochirurgie, l'orthopédie et traumatologie, l'urologie, et la neurochirurgie.

II.4.3.3 Service de Maternité : Ce service se divise en deux spécialités distinctes : l'obstétrique qui prend en charge la grossesse, l'accouchement, l'accueil du nouveau-né et le suivi périnatal, et la gynécologie qui traite des problèmes liés aux organes génitaux féminins et aux seins.

II.4.3.4 Service de Radiologie : Ce service dispose d'un plateau technique complet permettant de réaliser différents examens d'imagerie médicale tels que l'échographie, l'échodoppler, la radiographie classique, la scannographie, l'imagerie par résonance magnétique (IRM) et la radiologie vasculaire.

II.4.3.5 Laboratoires d'Analyses : Les laboratoires d'analyses offrent une large gamme de services comprenant l'anatomie-pathologie, la bactériologie, la biochimie, la cytogénétique et la biologie moléculaire, l'hémobiologie, l'immunologie, la parasitologie, la pharmacologie, la toxicologie, la transfusion sanguine et l'urologie.

L'objectif de ces services est de fournir des soins et des services de santé de qualité afin de répondre de manière optimale aux besoins de santé des individus et des collectivités dans la région d'Oran [31].

II.5 Plan d'EHU d'Oran

Quand on rentre dans le service d'urgence on trouve plusieurs unités :

- **Urgence médicale** : Cette unité comprend une salle de réception et un tri médical effectué par un médecin généraliste. Les patients sont ensuite dirigés vers les consultations médicales, la salle des soins ou les consultations spécialisées en fonction de leur situation médicale. La situation médicale est évaluée par un degré d'urgence selon trois couleurs (vert, orange et rouge) dont chacune conduit à un parcours du circuit patient, comme le montre les schémas des figures II.4 et II.5, conçus par Pr. D. Benali-Amar, EHU-Oran.



Figure II.4 : triage des urgences



Figure II.5 : parcours de patient de l'EHU

- **Urgence chirurgicale** : Cette unité est composée de différents boxes de consultation spécialisés dans des domaines tels que la neurochirurgie, la chirurgie thoracique, la chirurgie urologique, la chirurgie orthopédique et traumatologique, la chirurgie viscérale, la chirurgie maxillo-faciale et ORL, et la chirurgie vasculaire. Elle comprend également une salle de soins et une salle de plâtre.
- **Unité S.A.U.V** : Réservée pour les accidentés évacués par le SAMU, les pompiers en état grave (les comas diabétiques, les AVC, les urgences cardiaques...etc.) qui sont prise en charge par les résidents selon les spécialités et après seront transférés par les différents services selon leur pathologie.

Par exemple : -Les comateux par le service de réanimation.

-Les accidentés vers les blocs opératoires selon leurs pathologies.

- **Unité déhocage** : pour les patients pouvant attendre leur tour pour une intervention.
- **Unité de radiologie** : radiographies, scanner.
- **Unité de douleur thoracique** : ECG, écho-cœur.

1er étage :

- Unité de soins intensifs de cardiologie.
- Urgence médicale en neurovasculaire.
- Unité d'hospitalisation post-opératoire en chirurgie viscérale.
- Laboratoire.
- Pharmacie centrale.

2ème étage :

- Unité de réanimation chirurgicale (Trauma Center).
- Bloc opératoire avec cinq salles opératoires.
- Salle de soins postopératoires immédiats.
- Salle per-opératoire.
- Salle post-opératoire (salle de réveil) [31].

II.6 les ressources

- **Humaines** : Les différentes catégories de personnel incluent le personnel médical (médecins, infirmières, techniciens médicaux), le personnel administratif, le personnel de soutien (aides-soignants, techniciens de laboratoire, préposés aux services alimentaires), les services d'urgence (ambulanciers paramédicaux, urgentologues) et le personnel de gestion
- **Matériel** : Le matériel comprend des lits d'hôpital, des moniteurs de signes vitaux, du matériel de diagnostic (échographes, scanners, radiographies), des instruments chirurgicaux, des appareils de ventilation, du matériel de laboratoire (microscopes, centrifugeuses, analyseurs de sang), des fournitures médicales (seringues, pansements, gants, masques), des équipements de protection individuelle (gants, masques, blouses, lunettes), du mobilier de bureau, du matériel de réanimation (défibrillateurs, scopes, aspiration artificielle, manomètres)

En résumé, un large éventail de professionnels de la santé est nécessaire dans les hôpitaux pour fournir des soins médicaux de qualité et assurer le bon fonctionnement de l'établissement.

II.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le service d'urgences médico-chirurgicales UMC de l'EHU d'Oran. Nous avons abordé ses différentes unités ainsi que le protocole utilisé pour le circuit du patient selon le degré d'urgence. L'organisation du service UMC va servir pour développer un modèle à événements discrets représentant le fonctionnement du service et permettant de déduire ses performances.

Chapitre III

**Simulation et évaluation d'un service
des urgences par Arena**

III.1 Introduction :

On peut affirmer que la représentation d'un système dépend de sa dynamique et de son comportement. Cependant, il est essentiel de noter que la gestion de la chaîne de valeur et la prestation de services dans le contexte des urgences d'Oran sont extrêmement complexes et multifactorielles. Cette complexité découle de la présence de nombreux facteurs aléatoires qui donnent lieu à un grand nombre de trajectoires indéterminées. Par conséquent, nous avons été contraints de mener des enquêtes sur le terrain afin de recueillir un maximum d'observations et de données sur le système. Cette démarche est nécessaire pour pouvoir créer un modèle du parcours du patient en utilisant le logiciel Arena.

III.2 Le choix du Simulateur Arena

III.2.1 Le logiciel de simulation Arena :

ARENA est le logiciel de simulation des flux à événements discrets, leader sur le marché. Edité par Rockwell Automation, il compte plus de 370 000 utilisateurs formés dans le monde. Dans un environnement de simulation graphique intégrée, il contient toutes les ressources pour la modélisation, l'élaboration de projet, la représentation des processeurs, l'analyse statistique et l'analyse des résultats. « SIMAN est le langage intégré d'ARENA ». Arena a été élu par une majorité d'expert du secteur comme le plus innovant des softwares de simulation qui unit les ressources du langage de simulation pour faciliter l'usage dans un environnement graphique intégré [32].

III.2.2 Définition de la simulation

Les simulations sont des processus qui consistent à concevoir des modèles des systèmes (réels) et mener des expérimentations sur ces modèles, interpréter les observations fournies par le déroulement des modèles et formuler des décisions relatives au système. La figure III.1 montre les étapes d'une simulation [33].

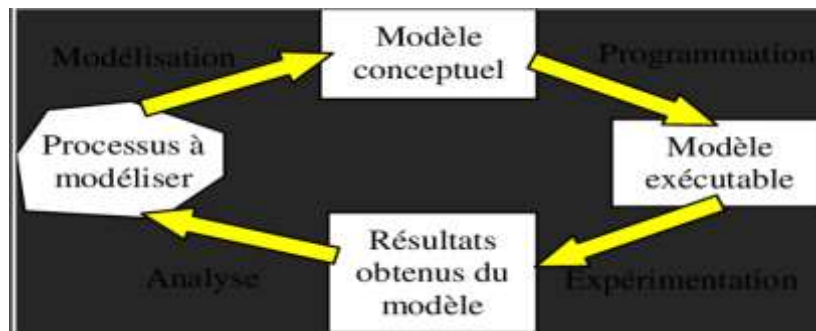


Figure III.1 : étapes de simulation

III.2.3 Pourquoi ARENA :

Est un environnement facile à utiliser qui offre une bonne visibilité et une bonne compréhension de la modélisation, Arena permet de :

- Reproduire les systèmes réels et analyser le comportement du système modélisé.
- Valider les choix de conception.
- Effectuer des analyses du présent et évaluer les alternatives possibles.
- Identifier les goulots d'étranglements, quantifier les coûts de Process, réduire les temps de cycle.
- Ordonnancer et allouer les ressources en mode optimum.
- Réaliser d'importantes améliorations des performances (coûts, qualité, service.) [34].

III.2.4 Caractéristiques du logiciel Arena :

Arena présente l'avantage de couvrir de larges champs, il possède de nombreuses caractéristiques :

- Plus de 5000 objets d'animation complexes sont inclus dans la bibliothèque d'Arena.
- L'animation peut être également créée par l'utilisateur, Clip Art, des dessins AutoCad et beaucoup d'autres.
- La compatibilité des données : données d'importation et d'exportation vers un des types de fichiers suivants : Excel, Access, XML, texte,..
- Interface simple et intuitive Compatible avec Microsoft Office.
- Modélisation hiérarchique des process.
- Rapports synthétiques et détaillés sur les process, entités, ressources, files d'attentes... Simulation et animation 3D exportable.

Chapitre III Simulation et évaluation d'un service des urgences par Arena

- Intégration des modèles ARENA avec des systèmes propres à l'entreprise existants.
- Personnalisation via Microsoft Visual Basic for Applications et Crystal Reports.
- Script Visual Basic : Contrairement à d'autres outils qui utilisent des langages propriétaires de script, Arena utilise un éditeur standard VBA (inclus) et le modèle objet Arena pour construire des interfaces utilisateur personnalisées et sur mesure [35].

III.3 Utilisation de Logiciel Arena dans le secteur de la santé

Logiciel Arena est largement utilisé dans le secteur de la santé pour optimiser les processus hospitaliers. Les hôpitaux peuvent utiliser le logiciel pour simuler différents scénarios tels que l'admission des patients, la planification des chirurgies et la gestion des ressources humaines. Le logiciel permet également aux hôpitaux d'identifier les goulots d'étranglement et de tester différentes stratégies d'optimisation pour améliorer la qualité des soins et réduire les coûts. Les hôpitaux peuvent ainsi offrir des soins de meilleure qualité tout en économisant de l'argent [19].

Dans le modèle de service des urgences, différentes distributions sont utilisées pour modéliser différents aspects du système. Voici quelques exemples :

Loi exponentielle : cette distribution est souvent utilisée pour modéliser le temps d'arrivée des patients dans le système ou le temps de service à une station de travail. La loi exponentielle est une distribution continue qui a une propriété intéressante : elle décrit la probabilité que quelque chose se produise dans un certain intervalle de temps. Dans le modèle de service des urgences, la loi exponentielle est utilisée pour simuler les temps d'arrivée des patients car elle reflète la nature aléatoire et imprévisible des arrivées

Loi uniforme : cette distribution est souvent utilisée pour modéliser les temps d'attente des patients dans les buffers. La loi uniforme est une distribution continue qui suppose que toutes les valeurs possibles entre un minimum et un maximum ont la même probabilité d'apparaître. Dans le modèle de service des urgences, la loi uniforme est utilisée pour simuler les temps d'attente des patients dans les buffers car elle suppose que les temps d'attente sont également répartis entre un minimum et un maximum.

Loi normale : cette distribution est souvent utilisée pour modéliser des variables qui ont une distribution symétrique autour d'une valeur moyenne. Dans le modèle de service des urgences, la loi normale peut être utilisée pour modéliser les temps de traitement à une station de travail, en supposant que la majorité des temps de traitement sont proches de la moyenne

III.4 Avantages du Logiciel Arena :

- C'est un outil très utilisé dans le domaine industriel.
- Son environnement de travail très facile à manipuler.
- Les fonctions qu'il contient sont faciles à utiliser.
- Une très grande capacité graphique.
- Offrir une grande polyvalence.
- Il intègre un outil d'analyse des données : input Analyser.
- Il est doté d'un système d'optimisation très puissant.
- Il est compatible avec tous les produits Microsoft Office

III.5 Inconvénients d'ARENA :

- Les modèles développés sous ARENA sont difficiles à traiter en utilisant d'autre outil de simulation
- Les éditions pour étudiants sont très limitées : obligation d'avoir des licences au moins éducatives
- La documentation n'est pas disponible facilement
- Problème de prise en charge des anciennes versions

III.6 Utilisation d'ARENA :

L'installation d'ARENA est simple, mais il est essentiel de noter que la version complète de ce logiciel est payante. Pour notre projet, nous avons utilisé la version "STUDENT," qui est gratuite et destinée uniquement à un usage scolaire :

- Offre une fonctionnalité complète.
- Le modèle limité de la taille et peut être copié sur un autre PC.
- Il n'y a aucune limite de temps.

Chapitre III Simulation et évaluation d'un service des urgences par Arena

La figure III.2 présente la fenêtre d'accueil du logiciel Arena.

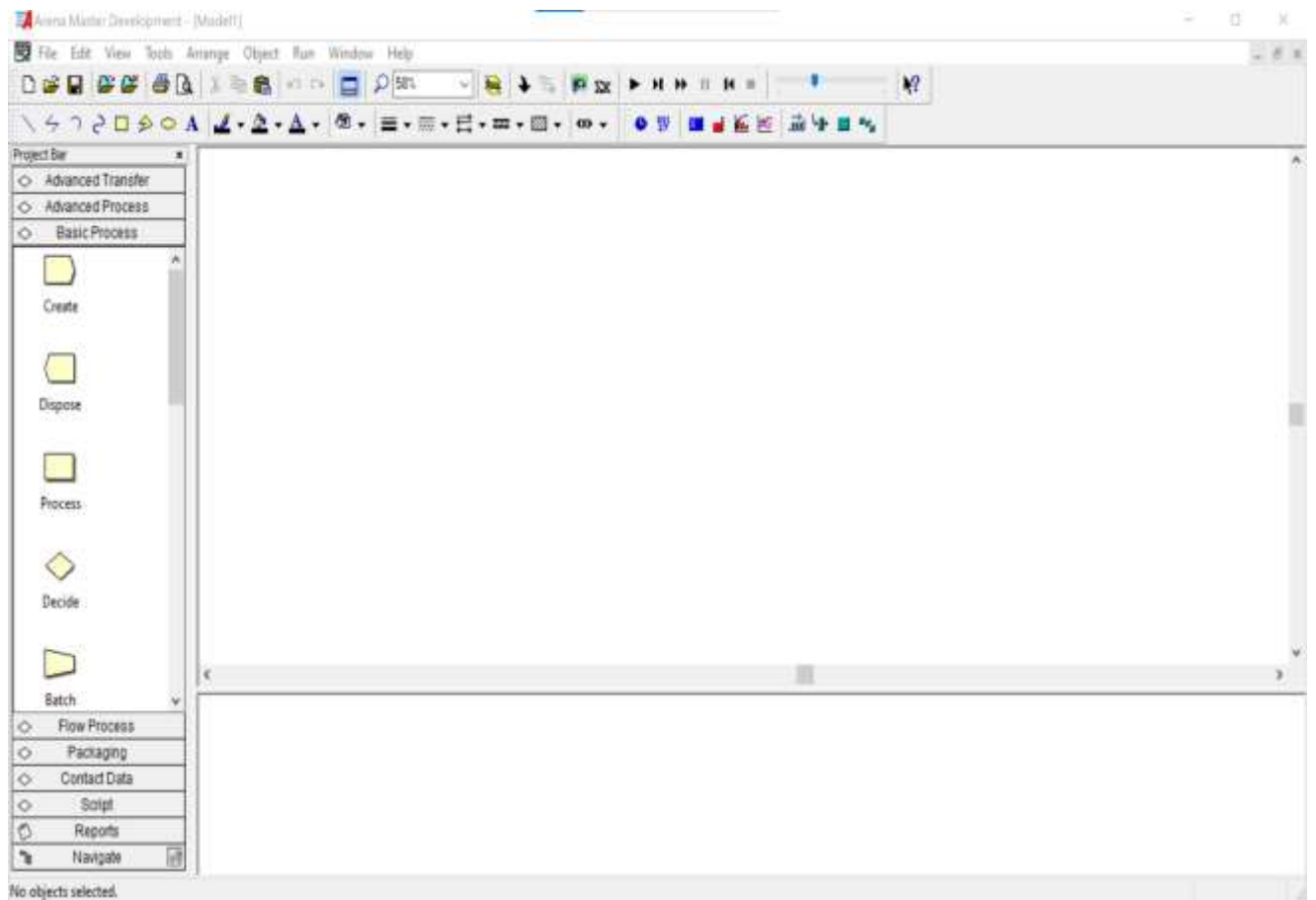


Figure III.2 : image interface d'Arena

III.7 Les modules à configurer sous Arena :

Pour construire un modèle sous Arena, nous faisons appel à des modules de bas à configurer. La figure III.3 donne les modules de bases.

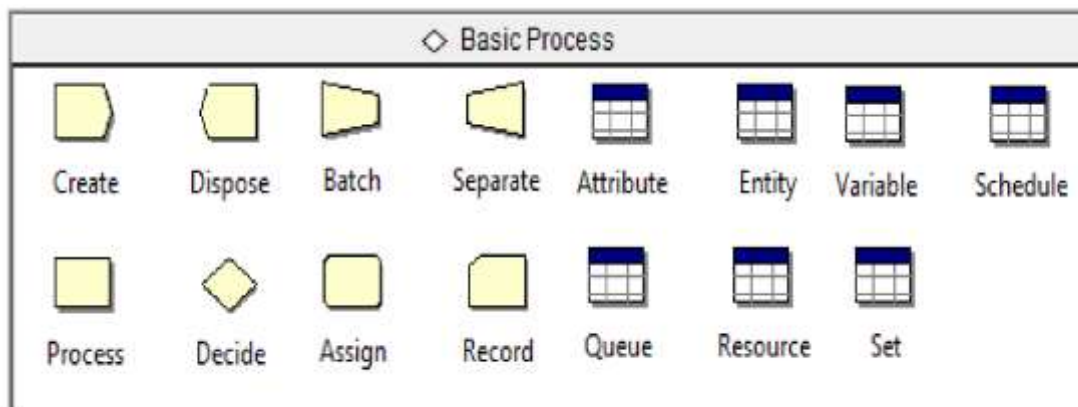


Figure III.3 : Basic Process d'ARENA.

Create : Ce bloc est considéré comme le module de départ des entités. Les arrivées dans le système (patient ,...), (voir figure III.4)

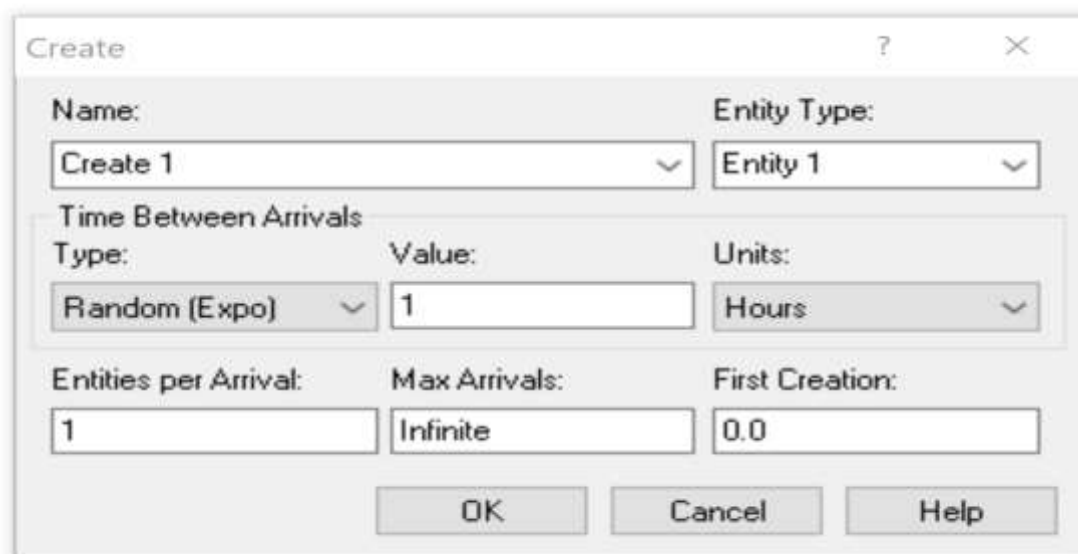


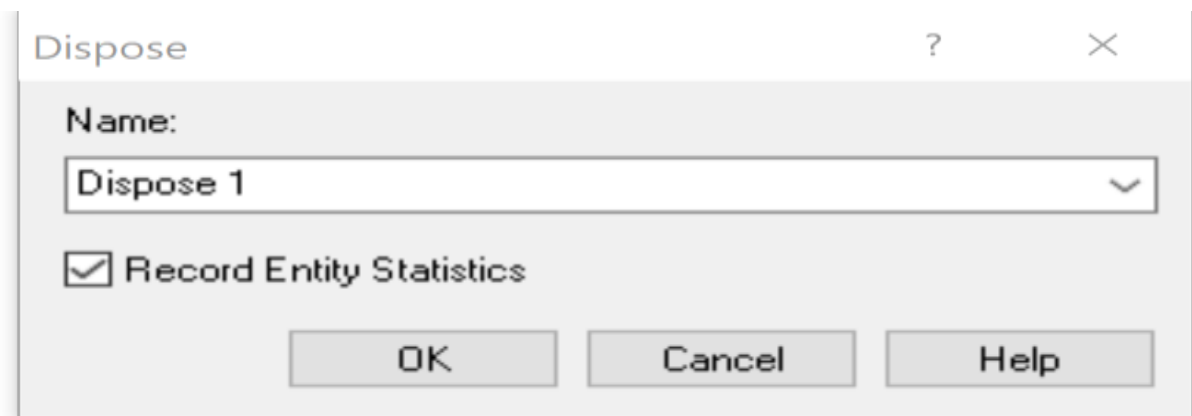
Figure III.4 : Les paramètres de Create

Chapitre III Simulation et évaluation d'un service des urgences par Arena

- Type : il y a plusieurs lois, chacun a une méthodologie différence de travail.
- Value : nombre des arrivées par S/M/H/D.
- Units: unité de temps.
- Entities per Arrival: N arrivées par unité de temps
- Max Arrivals: maximum des arrivées par unité de temps.
- First Creation: le temps de début des arrivées.

Dispose :

Les sorties du système (sortie des patients,...). (voir figure III.5)



FigureIII.5 : Les paramètres de Dispose.

Process :

C'est une activité généralement réalisée par une ou plusieurs ressources, nécessitant un temps pour être exécutée (voir figure III.6 et III.7)

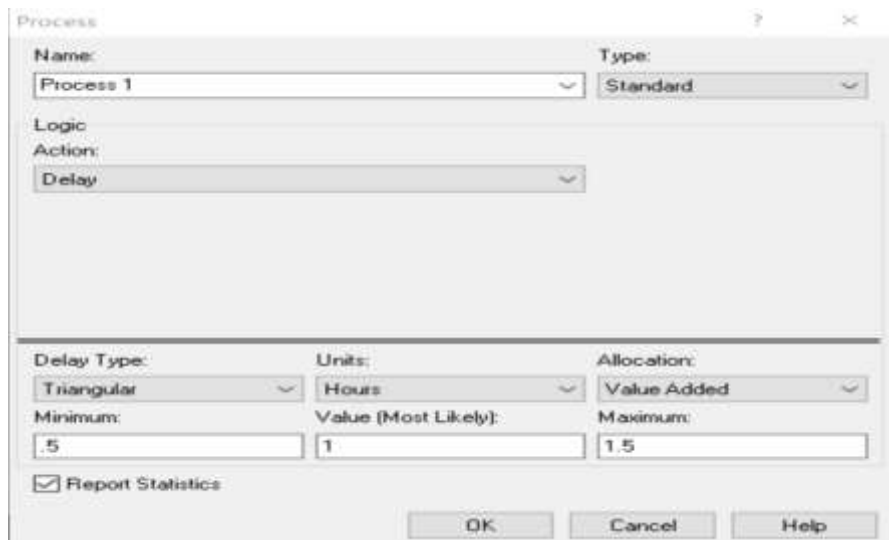


Figure III.6 : Les paramètres de Process.

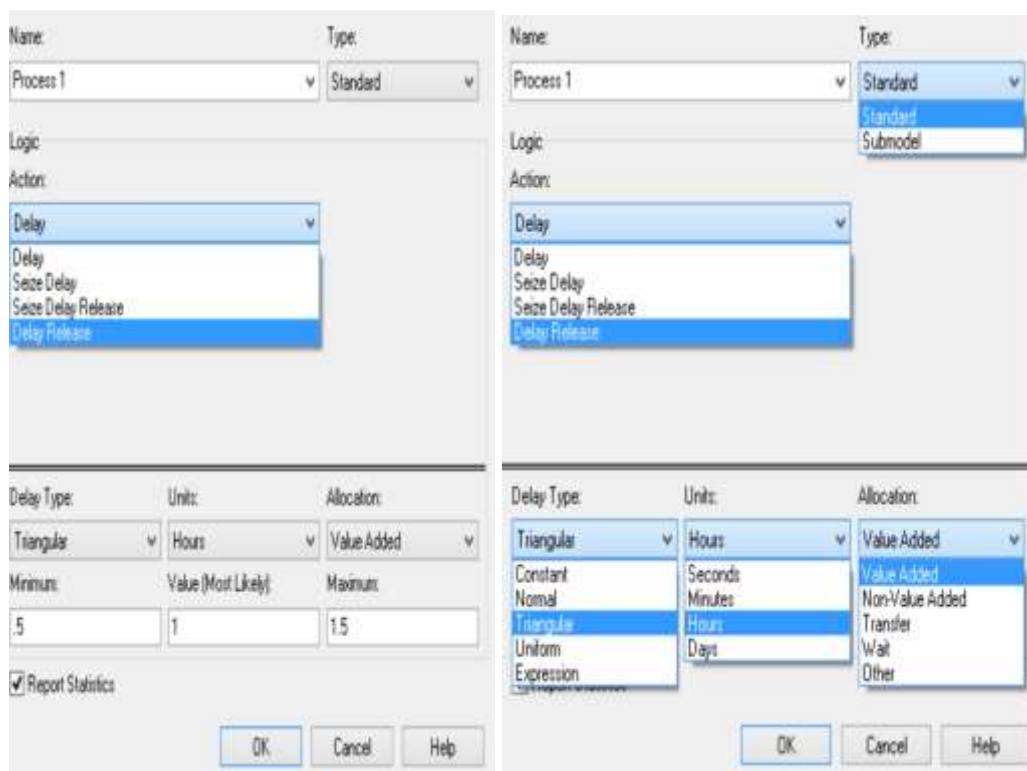


Figure III.7 : Les paramètres de Process.

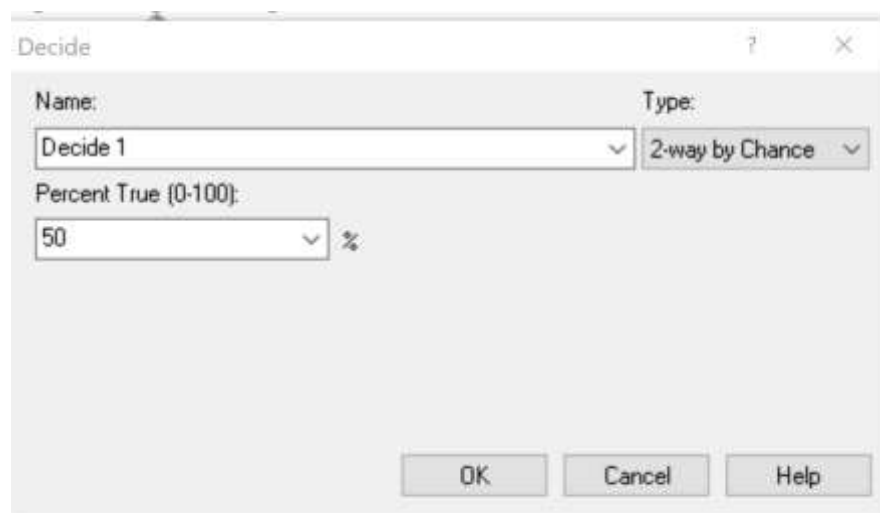
Chapitre III Simulation et évaluation d'un service des urgences par Arena

L'onglet Action contient :

- Delay : L'entité doit être séjournée dans le bloc process pendant un temps spécifié.
- Seize Delay : File d'attente en amont du bloc Delay, et Nécessité de joindre une ressource au processus.
- Seize Delay Release : Comme Seize Delay, mais une entité libère des unités de ressources après Delay.
- Delay Release : Suppose entité à déjà saisi des unités de ressources à un autre module amont, maintenant retards et de presse unités de ressources.
- Delay type : loi utilisée.
- Units : unité de temps.

Decide :

Décide si l'arrivée est vraie ou fausse.



FigureIII.8: Les paramètres de Decide.

Type:

On trouve :

Chapitre III Simulation et évaluation d'un service des urgences par Arena

- 2-way by Chance: soit vrai ou faux avec pourcentage de succès.
- 2-way by Condition: soit vrai ou faux avec condition.
- N-way by Chance: plusieurs choix avec pourcentage de succès.
- N-way by Condition: plusieurs choix avec condition.

Assign & Record:

Utilisé pour calculer le temps écoulé dans un système (temps d'attente, la durée de service, ...).

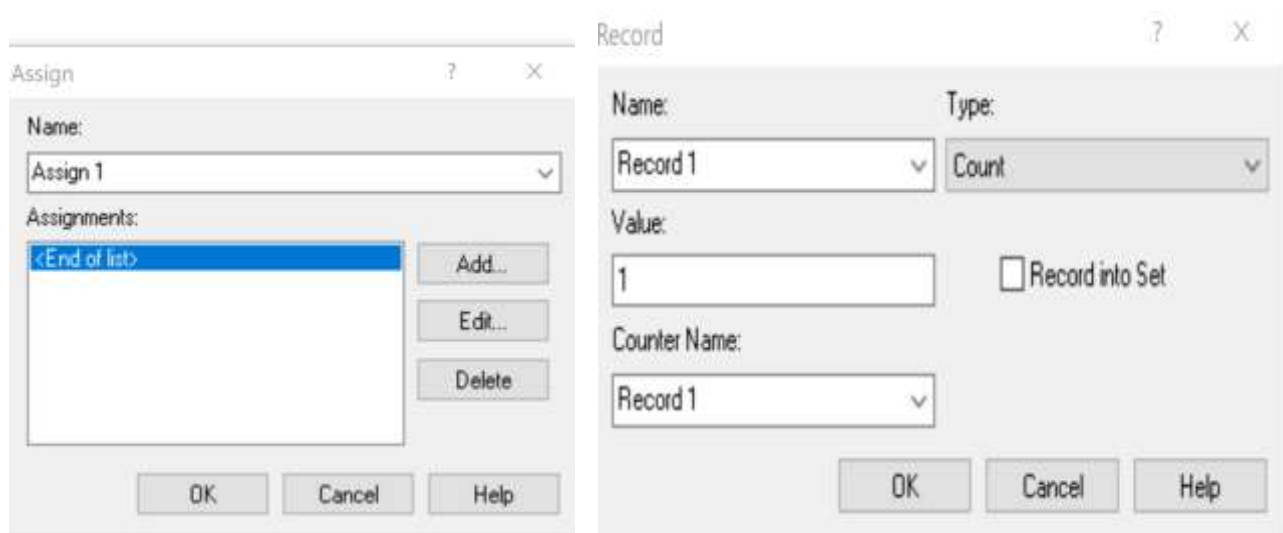
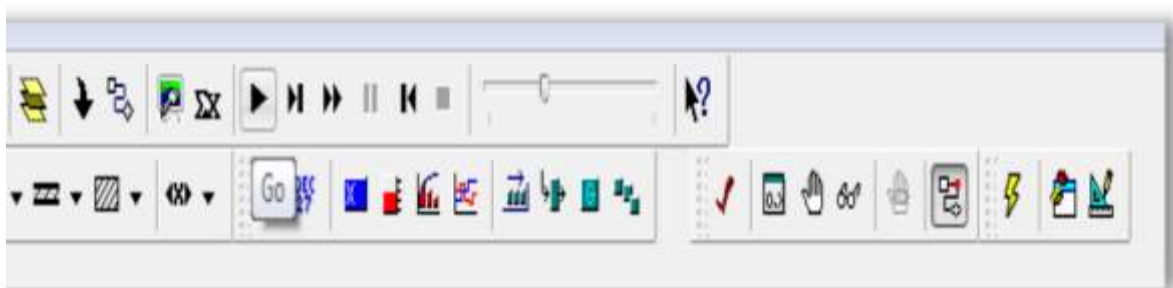


Figure III.9 : Les paramètres d'Assign & Record.

Exécution du modèle L'exécution se fait via l'interface par l'intermédiaire du bouton Go.



III.8 La modélisation et la configuration de notre projet :

Notre cas d'étude : amélioration d'un service d'urgence cas de l'UMC DE l'EHU Oran

III.8.1 Présentation :

Les patients arrivent aux urgences selon un processus de Poisson avec un temps moyen de 10 minutes.

Le patient entrant est d'abord enregistré dans la salle d'urgence par une réceptionniste au bureau d'accueil. Le temps d'enregistrement suit une distribution uniforme et varie entre 1 minute et 5 minutes.

Le temps de tri médical suit une distribution uniforme avec un minimum de 5 minutes et un maximum de 10 minutes.

Le temps de consultation suit une distribution uniforme avec un minimum de 10 minutes et un maximum de 15 minutes.

Chaque patient fait l'objet d'un triage au cours duquel un médecin détermine le niveau de criticité du patient :

20% des patients vont à la salle de soins avec un temps distribué uniformément entre 5 minutes et 60 minutes.

30% des patients vont au box ORL avec une distribution normale ayant une valeur moyenne de 10 minutes et un écart type de 5.

15% des patients vont au box OTR avec une distribution uniforme ayant un minimum de 10 minutes et un maximum de 30 minutes.

20% des patients vont au box neurologie avec une distribution normale ayant une valeur moyenne de 15 minutes et un écart type de 5.

10% des patients vont aux box viscérales avec une distribution normale ayant une valeur moyenne de 10 minutes et un écart type de 5.

Chapitre III Simulation et évaluation d'un service des urgences par Arena

5% des patients vont au box urologie avec une distribution uniforme entre 5 minutes et 10 minutes.

L'arrivée d'un patient en état grave aux urgences suit un processus de Poisson avec un temps de 5 minutes.

Le temps de consultation à l'unité de SAUV suit une distribution uniforme avec un minimum de 20 minutes et un maximum de 120 minutes.

Chaque patient fait l'objet d'une orientation comme suit :

50% des patients vont en réanimation avec une distribution uniforme entre 120 minutes et 480 minutes.

30% des patients vont au bloc opératoire avec une distribution uniforme entre 240 minutes et 480 minutes.

20% des patients décèdent avec une distribution uniforme entre 15 minutes et 120 minutes.

Sortie des patients.

III.8.2 Implémentation :

Selon les spécifications énoncées précédemment, nous avons développé un modèle Arena, englobant plusieurs sous-modèles. La figure III.10 montre le sous-modèle du parcours patient en état normale.

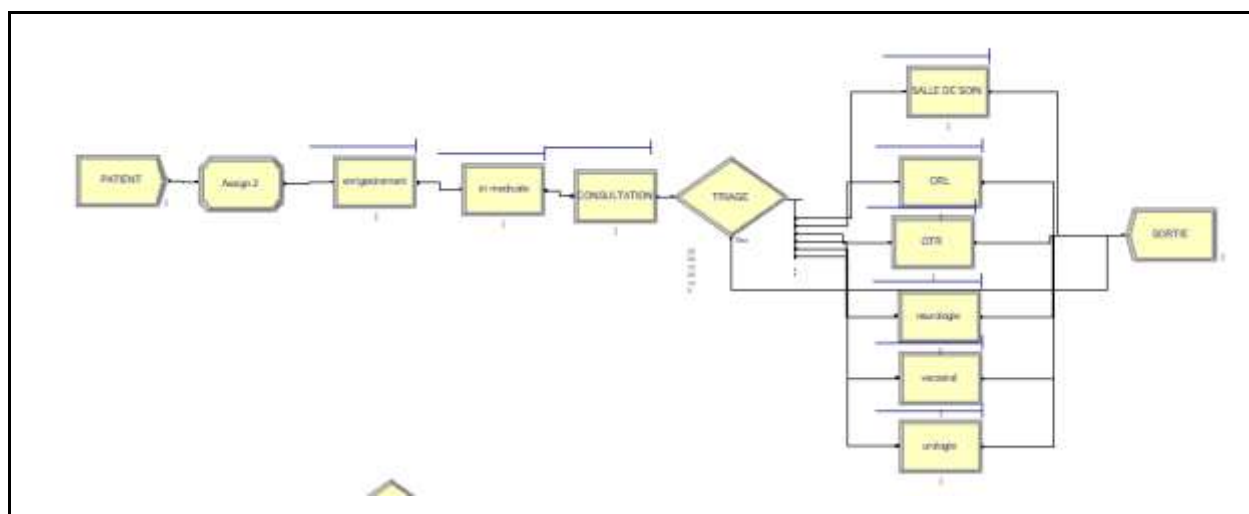
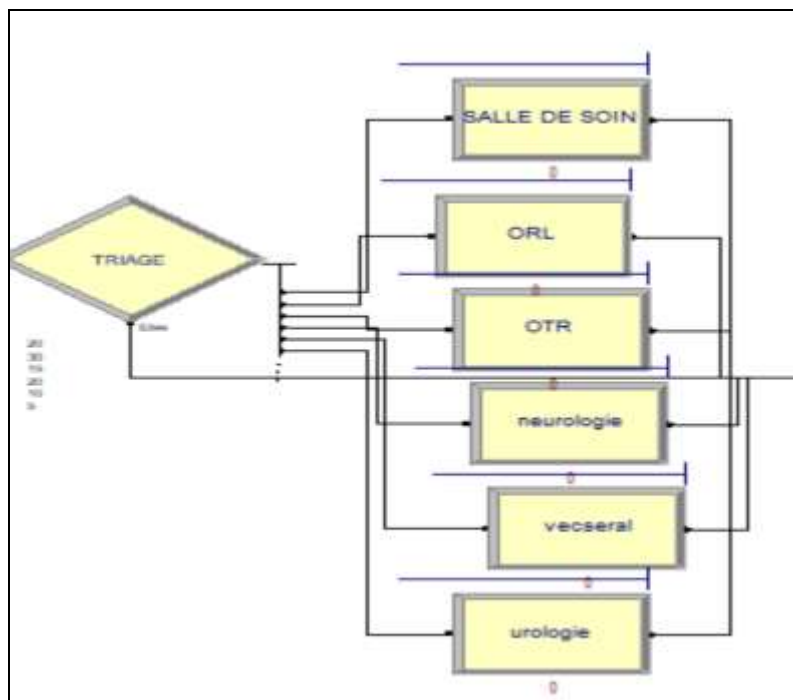


Figure III.10 : sous modèle Arena de parcours de patient état normale

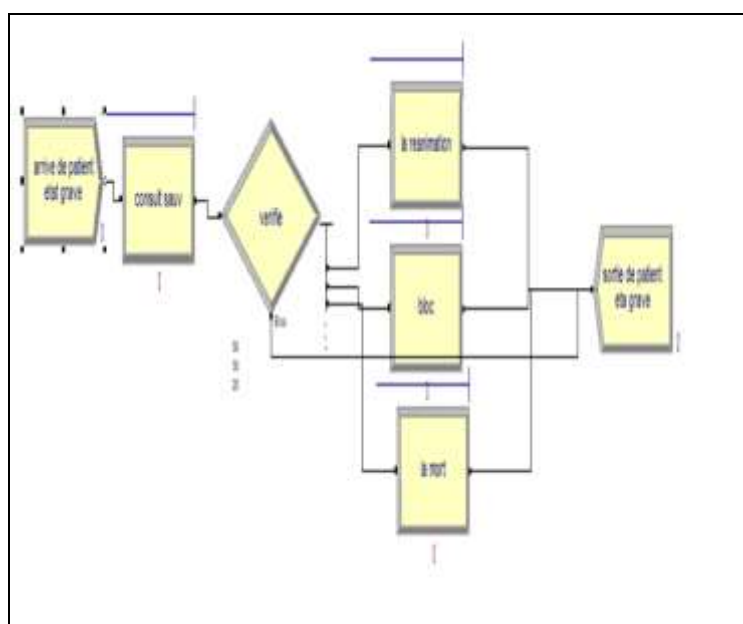
Chapitre III Simulation et évaluation d'un service des urgences par Arena

figureIII.11 montre le sous-modèle du triage des patients en état normale.



FigureIII.11 : Les pourcentages des motifs d'arrivé sur Arena

La figureIII.12 montre le sous-modèle du triage des patients en état grave



FigureIII.12 : sous modèle Arena du parcours du patient état grave On obtient

Ainsi le modèle Arena général montré dans la figure III.13

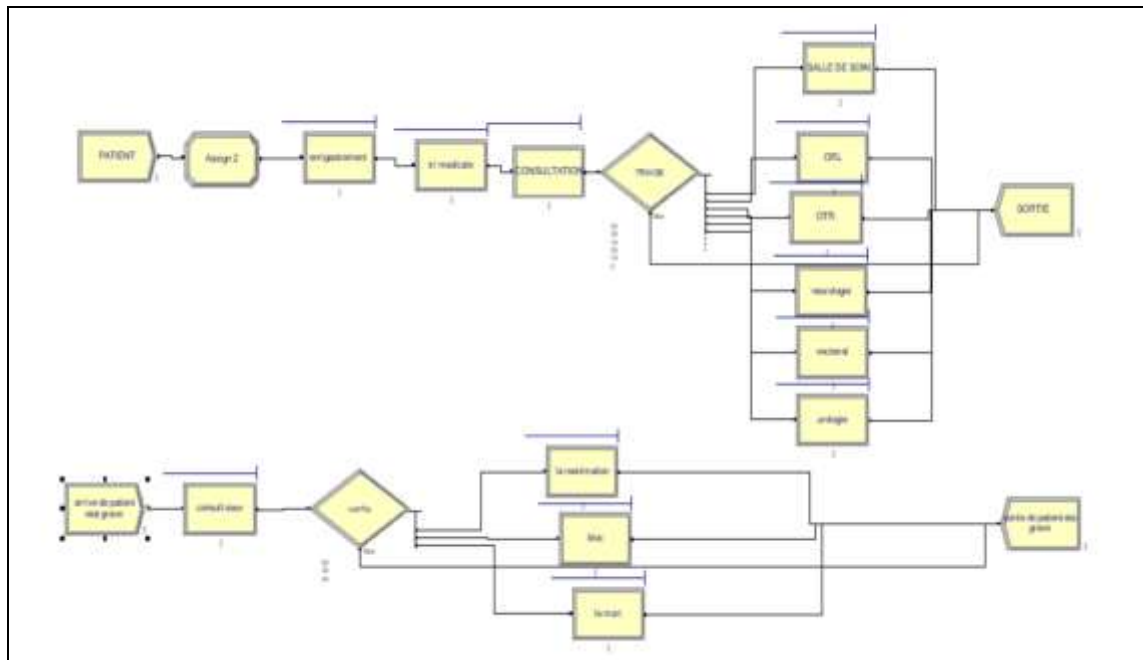


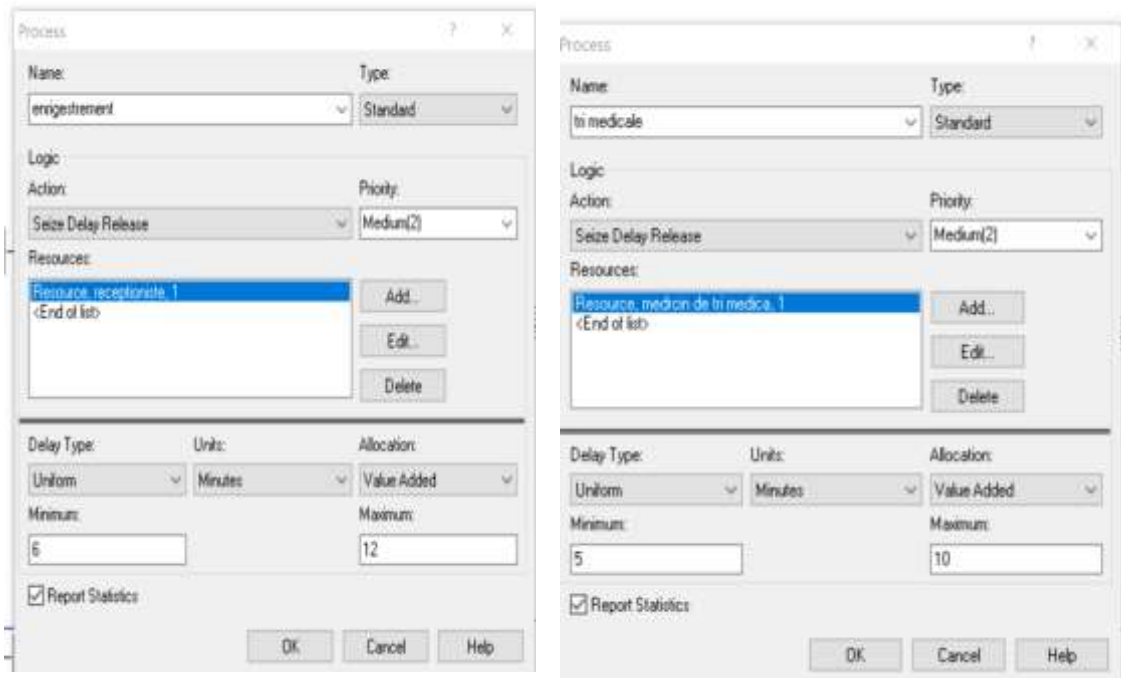
Figure III.13: modèle générale du parcours des patients aux UMC

Nous précédon dans la modélisation de notre cas d'étude selon les étapes suivantes :

1. L'arrivé des patients :

The screenshot shows the 'Create' dialog box in Arena simulation software. The dialog is configured for creating 'PATIENT' entities. The 'Name' field is set to 'PATIENT' and the 'Entity Type' is 'Entity 1'. Under 'Time Between Arrivals', the 'Type' is 'Random (Expo)', the 'Value' is '10', and the 'Units' are 'Minutes'. The 'Entities per Arrival' is set to '5', 'Max Arrivals' is 'infinite', and 'First Creation' is '0.0'. The dialog has 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons at the bottom.

FigureIII.14 : loi arrivé patient



FigureIII.15 : loi enrregistrement patients

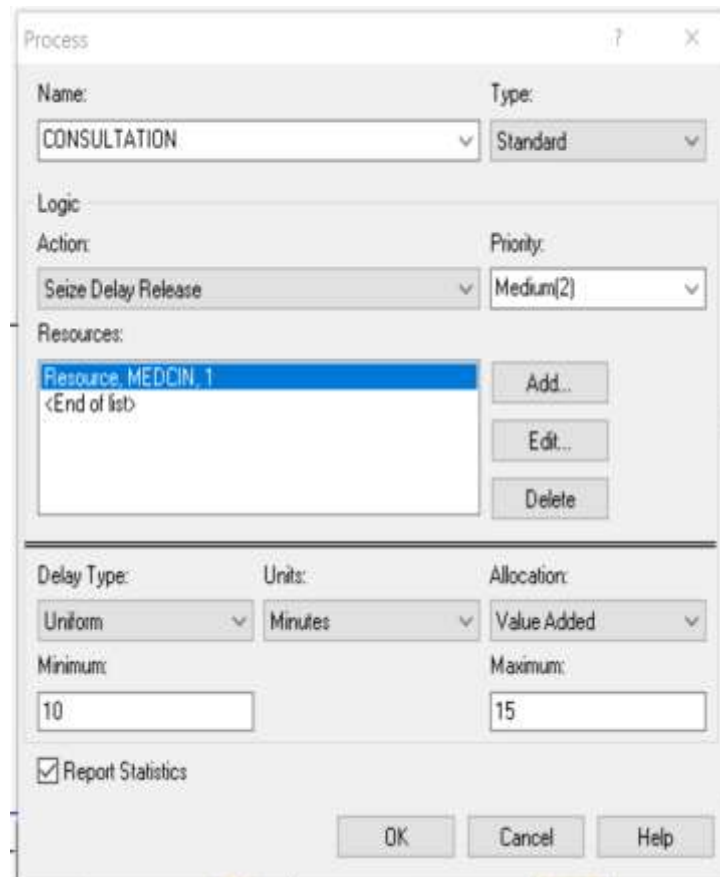


Figure III.16 : loi consultation

III.9 Rapport de simulation :

III.9.1 Goulots d'étranglement du système étudié :

Afin de garantir des résultats fiables et satisfaisants, les conditions initiales de la simulation est une réplique du modèle sur 48 heures en régime transitoire, Le modèle représentatif du comportement d'UMC stipule que 242 patients ont quitté le service des urgences après 48 heures, comme indiqué dans la figure ci-dessous (figure III.17).



Figure III.17: le nombre de patients qui ont quitté l'UMC après une période de 48 heures

III.9.2 Résultats statistiques relatives aux entités patientes :

Les statistiques du rapport de fin de simulation indiquent qu'un patient passe en moyenne 0,89 heures en traitement effectif. En d'autres termes, soit il est examiné par un médecin, sinon il subit des examens complémentaires tels que des prélèvements sanguins, des consultations, des examens d'imagerie, des soins locaux, le temps de traitement réel avec un maximum de 8,73 heures, et un minimum de 0,37 heures.

Le patient peut attendre au maximum 38,04 heures, et la valeur minimale 0 heure, en moyenne un patient reste dans le service des urgences 18,79 heures avec une valeur maximale de 38,58 heures avec une valeur minimale de 0,46 heures. Notons que nous avons considéré un temps de simulation de 48 heures. L'UMC a reçu 1511 patients dont 242 patients ont pu quitter le système. La figure III.18 ci-dessus illustre ce qu'on a mentionné.

Chapitre III Simulation et évaluation d'un service des urgences par Arena

| Entity | | | | |
|---------------|---------|----------------|---------------|---------------|
| Time | | | | |
| VA Time | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value |
| Entity 1 | 0.8921 | (Insufficient) | 0.3734 | 8.7314 |
| NVA Time | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value |
| Entity 1 | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 | 0.00 |
| Wait Time | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value |
| Entity 1 | 17.9001 | (Insufficient) | 0.00 | 38.0434 |
| Transfer Time | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value |
| Entity 1 | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 | 0.00 |
| Other Time | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value |
| Entity 1 | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 | 0.00 |
| Total Time | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value |
| Entity 1 | 18.7922 | (Insufficient) | 0.4647 | 38.5872 |
| Other | | | | |
| Number In | Value | | | |
| Entity 1 | 1511.00 | | | |
| Number Out | Value | | | |
| Entity 1 | 242.00 | | | |
| WIP | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value |
| Entity 1 | 608.88 | (Correlated) | 0.00 | 1269.00 |

Figure III.18 : données statistiques relatives aux entités patientes

III.9.3 Résultats statistiques relatives aux files d'attente des patients :

La figure ci-dessous figure III.19 représente les temps d'attentes sur les différentes ressources dans l'unité médicale et chirurgicales. Il est observé que les patients attendent en moyenne 9.57 heures lors de leur consultation pour effectuer des examens complémentaires. De plus, dans le contexte du tri médical, on enregistre une moyenne de 14.17 heures d'attente pour la prise en charge et l'orientation des patients.

| Queue | | | | |
|---------------------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| Time | | | | |
| Waiting Time | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value |
| bloc.Queue | 1.9540 | (Insufficient) | 0.00 | 4.4291 |
| consult sauv.Queue | 0.9592 | (Insufficient) | 0.00 | 2.6378 |
| CONSULTATION.Queue | 9.5726 | (Insufficient) | 0.00 | 18.8755 |
| enregistrement.Queue | 7.3060 | (Correlated) | 0.00 | 16.6793 |
| la mort.Queue | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 | 0.00 |
| la reanimation.Queue | 2.3287 | (Insufficient) | 0.00 | 6.0564 |
| neurologie.Queue | 0.00235036 | (Insufficient) | 0.00 | 0.1058 |
| ORL.Queue | 0.00737145 | (Insufficient) | 0.00 | 0.1207 |
| OTR.Queue | 0.04107554 | (Insufficient) | 0.00 | 0.3846 |
| SALLE DE SOIN.Queue | 0.1334 | (Insufficient) | 0.00 | 0.8841 |
| tri medicale.Queue | 14.1706 | (Correlated) | 0.00 | 28.3263 |
| urologie.Queue | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 | 0.00 |
| vecseral.Queue | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 | 0.00 |
| Other | | | | |
| Number Waiting | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value |
| bloc.Queue | 0.2035 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| consult sauv.Queue | 0.3197 | (Insufficient) | 0.00 | 3.0000 |
| CONSULTATION.Queue | 76.7205 | (Correlated) | 0.00 | 155.00 |
| enregistrement.Queue | 241.89 | (Correlated) | 0.00 | 539.00 |
| la mort.Queue | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 | 0.00 |
| la reanimation.Queue | 0.2911 | (Insufficient) | 0.00 | 2.0000 |
| neurologie.Queue | 0.00220347 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| ORL.Queue | 0.01059646 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| OTR.Queue | 0.03337387 | (Insufficient) | 0.00 | 2.0000 |
| SALLE DE SOIN.Queue | 0.1307 | (Insufficient) | 0.00 | 2.0000 |
| tri medicale.Queue | 283.46 | (Correlated) | 0.00 | 572.00 |
| urologie.Queue | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 | 0.00 |
| vecseral.Queue | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 | 0.00 |

Figure III.19 : Données relatives aux files d'attente des patients

Ressources humaines :

Les ressources qui constituent un goulot d'étranglement sont ceux qui possèdent un taux d'utilisation élevé ; dans le quel : la réceptionniste, le médecin de tri médicale, le médecin de consultation.

Les boxes identifiés ont connus une charge intense dans le service avec un taux d'utilisation de 99 %.

la figure III.20 ci-dessus illustre ce qu'on a mentionné.

Replications: 1 Time Units: Hours

| Resource | | | | |
|--------------------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|
| Usage | | | | |
| Instantaneous Utilization | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value |
| anistizist | 0.5040 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| infermier bloc | 0.5040 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| infermier de la mort | 0.1093 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| infermier de reanimation | 0.5966 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| infermier en otr | 0.2883 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| infermier en urologie | 0.03586688 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| infermier en vecseral | 0.05463924 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| infermier salle de soin 1 | 0.4312 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| infermier salle de soin 2 | 0.4312 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| infermier salle de soin 3 | 0.4312 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| medecin bloc | 0.5040 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| medecin de consultation | 0.9972 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| medecin de reanimation | 0.5966 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| medecin de sonsult sauv | 0.3718 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| medecin en neurologie | 0.2327 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| medecin en orl | 0.2142 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| medecin en otr | 0.2883 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| medecin en urologie | 0.03586688 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| medecin en vecseral | 0.05463924 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| medrcin de tri medica | 0.9992 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| receptioniste | 0.9911 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| Resource 2 | 0.1093 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |

FigureIII.20 : les goulots d'étranglement d'UMC

III.10 Les solutions :

D'après les données d'Arena et nos observations lors du stage :

La réception est l'un des problèmes rencontrés au cours du processus dans lequel il y avait du flux et trop de pression lors de l'utilisation du stylo et de l'enregistrement manuel sans moyen électronique. Donc nous suggérons l'utilisation d'un système d'enregistrement automatique plutôt que manuel dans lequel le patient présente sa carte Chifa qui contient toutes les informations du patient.

Il est évident que la salle de consultation est souvent pleine, ce qui met les patients dans une situation difficile. Pour résoudre ce problème, nous pensons qu'il serait judicieux d'agrandir et ajouter des autres salles de consultation et employer les personnels médicales et paramédicales (des médecins, des infirmiers, des agents de sécurité...). Cette mesure permettrait de réduire les temps d'attente des patients et de soulager le personnel médical.

Voici quelques avantages de cette proposition :

Moins d'attente : En agrandissant la salle de consultation et en ajoutant un médecin, les patients attendraient moins longtemps pour être vus par un médecin.

Moins de pression : Cette expansion aiderait à répartir la charge de travail entre le personnel médical existant et le nouveau médecin, ce qui soulagerait la pression sur tous.

Meilleurs soins : Avec plus de temps par patient, les médecins pourraient consacrer plus d'attention à chaque cas, ce qui pourrait conduire à des diagnostics et des traitements de meilleure qualité.

III.11 Amélioration par un scénario :

On a identifié **les goulots d'étranglements** qui sont principalement les ressources : le médecin de tri médicale, le médecin de consultation, la réceptionniste. Ces derniers prolongent les temps d'attente ce qui a un impact néfaste sur la prise en charge. Pour résoudre ce problème on propose l'augmentation de chiffre des médecins et paramédicaux et la présence de système informatisée pour diminuer la tension dans les portes d'entrées. Cette dernière est une solution opérationnelle réalisable.

III.12 Simulation du nouveau scénario :

| Paramètres | Nouvelle UMC | Ancienne UMC |
|-------------------------|--------------|--------------|
| Salle de consultation | 2 | 1 |
| Médecin de consultation | 2 | 1 |
| Médecin de tri médicale | 2 | 1 |

Tableau III.1 Données des ressources du scénario d'amélioration

Sur une période de 48h, 92 patients ont quitté le nouveau service des urgences comme indiqué dans la figure ci-dessus



Figure III.21 : le nombre de patients qui ont quitté le nouveau UMC après une période de 48h

Une différence significative est observée en ce qui concerne le nombre de patients sortis du système après une période de 48 heures, qui s'élève à 150 patients. De plus, le temps de traitement effectif a augmenté pour atteindre en moyenne 0.7296 heures. Cette augmentation peut s'expliquer par l'augmentation du nombre de patients traités simultanément, ce qui est lié à une augmentation de l'activité globale. Malgré cette augmentation de la charge de travail, on constate une réduction notable du temps d'attente des patients, qui est passé de 17.09 heures à 10.49 heures. Le temps total nécessaire a également diminué, passant de 18.79 heures à 11.22 heures, de même que le temps d'attente dans le processus, qui est passé de 608.88 heures à 318.42 heures. Cette évolution est illustrée dans la figure III.22 ci-dessous.

Chapitre III Simulation et évaluation d'un service des urgences par Arena

Replications: 1 Time Units: Hours

| Entity | | | | |
|---------------|---------|----------------|---------------|---------------|
| Time | | | | |
| VA Time | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value |
| Entity 1 | 0.7208 | (Insufficient) | 0.4844 | 1.0306 |
| NVA Time | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value |
| Entity 1 | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 | 0.00 |
| Wait Time | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value |
| Entity 1 | 10.4925 | (Insufficient) | 0.00 | 20.1267 |
| Transfer Time | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value |
| Entity 1 | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 | 0.00 |
| Other Time | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value |
| Entity 1 | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 | 0.00 |
| Total Time | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value |
| Entity 1 | 11.2221 | (Insufficient) | 0.5770 | 21.0153 |
| Other | | | | |
| Number In | Value | | | |
| Entity 1 | 675.00 | | | |
| Number Out | Value | | | |
| Entity 1 | 62.0000 | | | |
| WIP | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value |
| Entity 1 | 318.42 | (Insufficient) | 0.00 | 585.00 |

Figure III.22 : Données statistiques relatives aux entités patientes

III.13 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons décrit en détail la manière dont notre application a été développée et mise en place. Nous avons fourni une explication approfondie de son fonctionnement en utilisant des captures d'écran pour illustrer l'apparence de l'interface de l'application à différentes étapes.

À la fin de ce chapitre, nous avons exposé les résultats obtenus à partir de deux scénarios distincts que nous avons testés. Nous avons procédé à une analyse comparative approfondie entre ces deux scénarios, évaluant leurs performances respectives. Suite à cette analyse, il apparaît clairement que le deuxième scénario a montré de meilleures performances parmi les deux.

Conclusion Générale

Un service d'urgence représente une plate-forme intégrée destinée à offrir des soins médicaux d'urgence en cas de traumatisme ou de maladie aiguë. De nombreuses interventions médicales requièrent une réponse rapide pour être efficaces, car elles ont le potentiel de sauver des vies, mais seulement si elles sont réalisées en temps opportun. Malheureusement, ce service est souvent confronté à des problèmes de congestion, ce qui entraîne des délais d'attente plus longs pour les patients dont la survie dépend essentiellement de la rapidité d'intervention.

L'objectif de ce projet est de réduire les temps d'attente des patients à l'Unité des Maladies Chroniques (UMC) de l'établissement Hospitalier Universitaire (EHU) d'Oran. Pour atteindre cet objectif, nous avons créé un schéma de flux représentatif du système étudié, à partir duquel nous avons développé un modèle dans le logiciel Arena. Deux simulations ont été réalisées : la première a porté sur le système existant, tandis que la deuxième a exploré un scénario envisageant la modification de ressources en jeu dans le service.

Notre travail a débuté par la collecte de données à partir de diverses sources. Pendant notre stage, nous avons mené des investigations sur le terrain pour observer de près le fonctionnement du système et identifier ses dysfonctionnements. Nous avons recueilli des informations auprès des praticiens de l'UMC au moyen d'entretiens et avons extrait des données du serveur pour obtenir des informations sur la durée de séjour des patients hospitalisés. En somme, il s'agit d'une étude de cas à la fois prospective et rétrospective.

Grace au résultats obtenus dans la simulation de logiciel Arena, nous avons pu toucher l'impact de la simulation dans l'amélioration des performances du système de soins avec une meilleure prise en charge du flux patients, en ajoutant des ressources (médecins, salle de consultation et système informatise), et avoir les résultats inhérents à ce changement avant la mise en œuvre réelle du changement sur le terrain.

Références et bibliographiques

[15] : Amrani abdelkarim. (2023). Un hôpital de 300 lits à Beni Merad. L'Expression.<https://www.lexpressiondz.com/nationale/un-hopital-de-300-lits-a-beni-merad-372915>, consulté le 31/08/2023

[16] :Francis Guillemin - François Kohler - Catherine Lejeune - Elisabeth Monnet - Catherine Quantin - Agnès Tabutiaux. (2011.juin). Analyse comparative des systèmes de santé. FAD université de lorraine.https://fad.univ-lorraine.fr/pluginfile.php/23862/mod_resource/content/1/co/Profil%20general%20.html , consulté le 30/06/2023

[17] : La simulation des flux en milieu hospitalier (2011,01et juin). journées-ihf.https://www.journees-ihf.com/Media/archives/ihf-2011/Atelier_FR/Atelier5_CAVELAN_2.pdf, consulté le 30/06/2023

[18] : Xiaojun Ye. Modélisation et simulation des systèmes de production : une approche orientée-objets. Thèse de Doctorat. INSA de Lyon, 1994.

[19] : <https://tome.app/laboratory-184/larene-du-logiciel-clidj07zi027nah3cth8s3jog> .consulté le 08/08/2023.

[20] :Vernadat, F. (1996). Enterprise Modeling and Integration: Principles and Applications, Chapman&Hall, London.

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

[22] : Lorino, P.H. (1995). Le déploiement de la valeur par les processus. Revue Française de Gestion, N°104, juin juillet- août.

[23] : Vernadat, F. (1999). Techniques de modélisation en entreprise: application aux processus opérationnels. Editions Economica.

[24] : Dictionnaire Larousse. <Urgences>. . <https://www.larousse.fr/dictionnaires/français/urgences/80705>. [En ligne ; consulté le 10-juin-2023].

[25] : Gary C Starr and Jennifer Casaletto. The future of emergency medicine. 1998.

[26] : Les services d'urgences. <https://www.passeportsante.net/fr/Actualites/Dossiers/Fiche.aspx?doc=services-urgence>, 2007, [En ligne ; consulté le 25-mai-2023].

[27] : <https://www.joradp.dz/FTP/jo-francais/2018/F2018027.pdf>, consulté le 30/05/2023

[28] : Noureddine Damene and Djamel Djoudi. Le cheminement du malade en milieu hospitalier : les dysfonctionnements à l'entrée, à la prise en charge et à la sortie du malade. Cas du CHU de Tizi-Ouzou. PhD thesis, Université Mouloud Mammeri, 2017.

Références et bibliographiques

[29] : Fabien Duchateau, FIF4- Conception de BD- cours 1, Université Claude Bernard Lyon 1, automne 2012

[30]: EPSP Sidi Okba, Presentation. <http://www.dsp-biskra.dz/index.php/epsp/epsp1>. [En ligne ; consulte le 02-juin-2021].

[31] : Formulaire de l'hôpital EH U d'Oran, édition 2009.

[32] : <https://Ridhaderrouiche.Com/Arena-Simulation-Version-2020/> R. Derrouiche, "Arena Simulation," 2019.Consulté le :20/06/2023

[33] : university of ottawa. Conception de système temps réel p 16. Consulté le 10/08/2023

[34] : une thèse, Modélisation et Simulation d'un système de production de produits d'emballage de la Société Algérienne des Sacs Enduits SPA SASACE (2020). Consulté le 07/07/2023

[35] :L. Abdelkrim And B. Imene, "Simulation D'un Système De Production Avec Arena," Université Abdelhamid Ibn Badis - Mostaganem, 2016.