

UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIA



FACULTE DES SCIENCES ECONOMIQUES, COMMERCIALES ET DES SCIENCES DE GESTION

Département des Sciences de Gestion

Mémoire de fin d'études

**Pour l'obtention du diplôme de master en Management des établissements
de santé**

Intitulé du thème :

**Gestion des files d'attentes aux urgences
hospitalières – Cas de l'unité Khelil Amrane
(CHU de Béjaïa)**

Réalisé par :

TIMIZAR Nazim

Encadré par :

Dr. HIDRA Younes

Mr. LAOUAR Abdelhek

Soutenu le 23/06/2025 devant le jury suivant :

Pr. Dr. MESSAILI Moussa

Ex. Dr. FOU DI Brahim

Année universitaire 2024/25

Remerciements :

Avant tout, je tiens à remercier **ma famille**, pour son amour, sa patience et son soutien tout au long de mes études. Merci d'avoir toujours cru en moi, même dans les moments difficiles.

À **mes amis**, merci d'avoir été là, pour vos encouragements, vos conseils et votre bonne humeur. Votre présence m'a aidé à garder le cap jusqu'au bout.

Je remercie aussi **mes encadreurs**, pour leur aide, leur disponibilité et leurs conseils qui m'ont permis d'avancer dans ce travail. Leur accompagnement a été précieux à chaque étape de ce mémoire.

Je souhaite remercier **les membres du jury** pour leur patience, pour avoir pris le temps de lire et d'évaluer ce travail.

Un grand merci également aux **médecins, infirmiers et tout le personnel de l'hôpital Khelil Amrane**, pour leur accueil, leur gentillesse et leur collaboration. J'ai beaucoup appris à leurs côtés, et je leur suis très reconnaissant pour leur confiance.

À toutes ces personnes, merci du fond du cœur.

Sommaire :

Introduction générale.....	1
CHAPITRE 1 : Notions fondamentales sur la gestion des files d'attente.....	4
1.1 DEFINITIONS ET CONCEPTS DE BASE.....	5
1.2 LES MODELES MATHEMATIQUES DES FILES D'ATTENTE.....	10
CHAPITRE 2 : Présentation du CHU de Bejaia et son système de gestion des files d'attente.....	16
2.1 HISTORIQUE ET CREATION DU CHU DE BEJAÏA.....	16
2.2 PRESENTATION DU SYSTEME DE GESTION DES FILES D'ATTENTE.....	19
CHAPITRE 3 : Evaluation du système de files d'attente au niveau des urgences médico-chirurgicales de l'unité hospitalière Khelil Amrane du CHU de Béjaïa.....	25
3.1 DUREE D'ATTENTE.....	26
3.2 ESTIMATION DE LA LOI D'ARRIVEE DES PATIENTS.....	26
LOI DE LA DUREE DE SERVICE.....	30
Conclusion générale.....	36

Introduction générale

Le secteur de la santé occupe une place importante dans le développement social et économique d'un pays. Responsable de la protection de la population, il se doit de lui fournir un service de qualité, accessible, rapide et efficace. Parmi les multiples défis rencontrés par les établissements de santé figure la gestion des files d'attente, problème complexe ayant des impacts directs sur la qualité des soins, la satisfaction des patients et le rendement du personnel médical.

Au niveau international, la problématique des files d'attente a été le sujet de nombreuses études, notamment dans le contexte hospitalier. En Algérie, cette situation est accentuée par l'augmentation de la population, le vieillissement démographique, ainsi que par des ressources humaines et matérielles souvent limitées. Le Centre Hospitalo-universitaire (CHU) de Béjaïa, en tant qu'établissement public de référence dans la région, n'échappe pas à ces défis. Les files d'attente observées au service des urgences, des consultations ou encore à l'accueil constituent une source de frustration pour les patients et de surcharge pour le personnel.

La gestion efficace des files d'attente est devenue une nécessité stratégique pour les hôpitaux, non seulement pour améliorer la qualité des prestations, mais aussi pour optimiser l'utilisation des ressources disponibles. Dès lors, la mise en œuvre de techniques modernes d'organisation et de régulation des flux de patients représente un facteur d'amélioration continue.

Dans ce contexte, ce mémoire vise à analyser la problématique des files d'attente au sein du CHU de Béjaïa (aux urgences), en s'appuyant sur une approche théorique et empirique.

Problématique

La gestion des files d'attente aux urgences est un enjeu majeur pour les établissements hospitaliers, impactant directement la qualité des soins, la satisfaction des patients et l'efficacité des ressources médicales. Face à une affluence forte et imprévisible et à la variabilité des durées de traitement, comment optimiser l'organisation des flux de patients afin de réduire les temps d'attente, garantir une prise en charge équitable, et améliorer la performance globale du service d'urgence ? Cette question soulève des défis liés à la modélisation des arrivées, et à la gestion des priorités.

Hypothèses

1. L'utilisation de modèles mathématiques adaptés (notamment les modèles M/M/c et M/G/1) permet d'anticiper les temps d'attente et d'ajuster efficacement les ressources humaines aux variations des flux de patients.
2. L'intégration d'une gestion informatisée des priorités médicales fondée sur des protocoles clairs optimise la prise en charge des cas urgents tout en limitant les effets négatifs sur les patients moins urgents.

Objectifs

1. Analyser les caractéristiques des flux de patients aux urgences et identifier les facteurs influençant les temps d'attente.
2. Étudier et appliquer les principaux modèles mathématiques de files d'attente pour modéliser le fonctionnement du service d'urgence.
3. Tester les hypothèses formulées à travers une étude de cas ou une simulation basée sur des données réelles ou simulées.

Méthodologie

Afin de répondre aux objectifs fixés, notre démarche méthodologique reposera sur :

- L'analyse documentaire d'ouvrages théoriques sur la gestion des files d'attente
- L'observation directe des files d'attente dans les urgences du CHU ;
- Des entretiens avec des membres du personnel médical et administratif.
- Collecte de données et modélisation du système de files d'attente.

Plan du mémoire

Notre travail est structuré en trois grandes parties :

- **Partie I** : Notions fondamentales sur la gestion des files d'attente

- **Partie II** : Présentation du CHU de Béjaïa et leur système de gestion des files d'attente ;
- **Partie III** : Evaluation du système de files d'attente au niveau des urgences médico-chirurgicales de l'unité hospitalière Khelil Amrane du CHU de Béjaïa

CHAPITRE I : Notions fondamentales sur la gestion des files d'attente

INTRODUCTION

La file d'attente est une réalité omniprésente dans les services de santé, notamment dans les hôpitaux publics. Sa mauvaise gestion peut avoir des conséquences négatives sur la satisfaction des usagers, la qualité des soins et l'organisation interne. Ce chapitre a pour objectif de présenter les concepts clés liés aux files d'attente, les théories associées à leur gestion, ainsi que les outils et indicateurs permettant leur analyse.

1.1 DEFINITIONS ET CONCEPTS DE BASE

Une **file d'attente** désigne l'ensemble des usagers (patients, clients, citoyens...) attendant l'obtention d'un service, en raison d'un décalage entre la demande et la capacité de traitement. Dans le secteur hospitalier, ce phénomène est souvent observé aux urgences, aux guichets d'admission ou encore aux consultations spécialisées.

La gestion des files d'attente dans les établissements de santé n'est pas un enjeu récent, il est directement lié à l'évolution des systèmes de santé et à la croissance des populations.

Initialement, les patients étaient pris en charge selon un ordre d'arrivée sans distinction, ce qui provoquait souvent des attentes longues et désorganisées, qui causaient stress et insatisfaction. Avec l'augmentation du nombre de patients et la complexification des soins, les hôpitaux ont dû adopter des méthodes plus structurées pour gérer ces flux.

Dans les années 1950 et 1960, la théorie des files d'attente a émergé dans les domaines des télécommunications et de la gestion industrielle, notamment grâce aux travaux pionniers

d'Erlang (1917)¹ sur la congestion des réseaux téléphoniques. Ces avancées ont progressivement été adaptées au secteur hospitalier.

Dans les années 1970, l'application de la théorie des files d'attente aux services d'urgence a permis de modéliser les flux de patients, d'optimiser les ressources et de réduire les temps d'attente. L'informatisation des hôpitaux dans les années 1990 a ensuite introduit des systèmes automatisés de gestion des files, facilitant le suivi en temps réel.

Aujourd'hui, la digitalisation et les nouvelles technologies permettent une gestion meilleure et personnalisée des files d'attente, qui réduisent considérablement les temps d'attente et améliorent l'expérience du patient.

1.1.1 Concepts de base

- **Serveur** : ressource (médecin, infirmier, équipement) qui fournit le service.
- **Arrivée** : instant où un patient entre dans le système.
- **Temps de service** : durée nécessaire pour traiter un patient.
- **Temps d'attente** : durée pendant laquelle un patient reste dans la file avant d'être servi.
- **Capacité** : nombre maximal de patients pouvant être présents simultanément dans le système.

1.1.2 La théorie des files d'attente

La théorie des files d'attente est une discipline mathématique qui étudie les phénomènes d'attente dans les systèmes où la demande dépasse temporairement la capacité de service. Elle permet de modéliser les flux, d'analyser les performances, et d'optimiser les ressources.

Les éléments fondamentaux sont :

- **Processus d'arrivée** : souvent modélisé par un processus de Poisson, caractérisé par un taux moyen λ d'arrivées par unité de temps.

¹ Agner Krarup Erlang (1878-1929) est un mathématicien danois reconnu pour avoir fondé la théorie des files d'attente, initialement développée pour modéliser la congestion dans les réseaux téléphoniques.

- **Temps de service** : distribution statistique des durées de traitement, pouvant être exponentielle, déterministe ou générale.
- **Nombre de serveurs** : nombre de ressources disponibles pour traiter les patients.
- **Capacité du système** : limite maximale du nombre de patients présents.
- **Discipline de service** : règle d'ordre de passage, mentionnés plus tôt (FIFO, priorités, etc.).

Cette théorie est particulièrement adaptée aux services d'urgence où les arrivées sont aléatoires et la capacité limitée (Green, 2006)².

1.1.3 Le processus de Poisson

Le processus de Poisson est une loi de probabilité qui modélise l'arrivée aléatoire et indépendante des patients. Il est défini par un taux moyen λ d'arrivées par unité de temps.

Elle modélise le nombre d'événements rares se produisant dans un intervalle donné, souvent un intervalle de temps ou d'espace. Sa formule générale est exprimée avec un paramètre λt , où λ est le taux moyen d'événements par unité de temps et t la durée de l'intervalle considéré

$$P(X = k) = \frac{(\lambda t)^k e^{-\lambda t}}{k!}$$

Cependant, dans certaines présentations, on omet explicitement t pour simplifier la notation, notamment lorsque :

1. **L'unité de temps est fixée ou implicite**

Par exemple, si on considère toujours des intervalles de temps unitaires (par exemple, 1 heure, 1 jour), alors $t=1$ et la formule devient :

$$P(X = k) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}$$

² Green, R. A. (2006). *Using queueing theory to increase the efficiency of health care delivery* (modèle et applications aux services hospitaliers). Université du Québec à Montréal (UQAM).

2. **On travaille avec un paramètre combiné λt**

Parfois, on définit directement $\mu = \lambda t$ comme le paramètre de la loi de Poisson, ce qui simplifie la formule en :

$$P(X = k) = \frac{\mu^k e^{-\mu}}{k!}$$

3. **Focus sur la distribution en fonction du nombre d'événements**

Dans certaines analyses, on s'intéresse uniquement à la distribution du nombre d'événements, sans préciser explicitement la durée, car elle est fixée ou sous-entendue dans le contexte.

Propriétés

- La moyenne et la variance de X sont égales à λt .
- Les événements sont indépendants, ce qui signifie que le nombre d'arrivées dans des intervalles disjoints est indépendant.
- La loi de Poisson est souvent utilisée pour modéliser les arrivées des patients aux urgences, car ces arrivées sont généralement aléatoires et indépendantes.

Utilisation dans la gestion hospitalière

La modélisation des arrivées par un processus de Poisson permet d'anticiper le nombre de patients arrivant dans un laps de temps donné, ce qui est crucial pour la planification des ressources. Couplée à la théorie des files d'attente, elle permet de calculer les probabilités d'attente, de saturation, et d'optimiser la répartition du personnel et des équipements.

Cette propriété d'indépendance et de mémoire nulle rend le processus de Poisson particulièrement adapté à la modélisation des arrivées aux urgences (Ross, 2014)³.

³ Ross, S. M. (2014). *Introduction to Probability Models* (11e édition). Academic Press.

1.1.4 La notation de Kendall

La notation de Kendall est un code standard pour décrire les caractéristiques d'un système de file d'attente (Kendall, 1953)⁴. Elle s'écrit sous la forme :

$$A/S/C/K/m/Z$$

- **A** : distribution des arrivées (**M** pour Poisson, **D** pour déterministe, **G** pour générale).
- **S** : distribution des temps de service.
- **C** : nombre de serveurs.
- **K** : capacité maximale du système.
- **m** : taille de la population.
- **Z** : discipline de service (ex. FIFO).

Dans la plupart des cas hospitaliers, on utilise la forme simplifiée A/S/C, par exemple M/M/1 pour un serveur unique avec arrivées Poisson et services exponentiels.

1.1.5 La discipline de service

La **discipline de service** désigne la règle ou la politique qui détermine l'ordre dans lequel les clients (ou patients) présents dans une file d'attente sont servis par les serveurs disponibles. Cette notion est essentielle en théorie des files d'attente car elle influence directement les temps d'attente, la satisfaction des clients, et la performance globale du système

Les principales disciplines de service

- **FIFO (First In, First Out)** : Premier arrivé, premier servi. C'est la discipline la plus courante et la plus intuitive, où les patients sont traités dans l'ordre exact de leur arrivée. Elle garantit une certaine équité temporelle et est souvent utilisée dans les services hospitaliers, guichets, ou files classiques.

⁴ Kendall, D. G. (1953). *Stochastic processes occurring in the theory of queues and their analysis by the method of the imbedded Markov chain*. *Annals of Mathematical Statistics*, 24(3), 338–354.

- **LIFO (Last In, First Out)** : Dernier arrivé, premier servi. Ici, le dernier client arrivé est traité en priorité. Cette discipline est moins fréquente dans les contextes humains, mais peut être utilisée dans certains systèmes informatiques ou industriels. Elle peut interrompre le service en cours, ou pas.
- **SIRO (Service In Random Order)** : Ordre aléatoire. Lorsqu'un serveur devient libre, un client est choisi au hasard parmi ceux en attente. Cette discipline est utilisée dans certains systèmes où l'ordre d'arrivée n'a pas d'importance ou pour modéliser des comportements aléatoires
- **PS (Processor Sharing)** : Partage du processeur. Le serveur partage sa capacité simultanément entre tous les clients présents, chacun recevant une fraction égale du service. Ce modèle est utilisé en informatique pour simuler le partage du temps processeur.
- **Priorités** : les clients sont servis par priorité. Tous les patients de la plus haute priorité sont servis en premier lieu.

La discipline choisie influence :

- Le **temps moyen d'attente**.
- La **longueur moyenne** de la file.
- La **satisfaction** des clients, notamment en termes d'équité et de perception.
- La **complexité de gestion** du système.

Par exemple, la discipline FIFO est souvent privilégiée dans les services d'urgence pour respecter l'ordre d'arrivée, mais peut être adaptée avec des priorités médicales. D'autres disciplines peuvent être utilisées dans des contextes spécifiques, comme le partage de ressources en informatique.

1.2 MODELES MATHEMATIQUES DES FILES D'ATTENTE

1.2.1 Modèle M/M/1

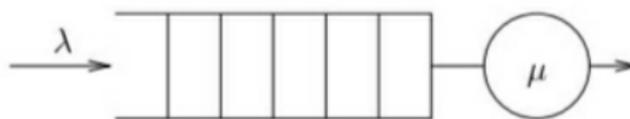
Le modèle M/M/1 est la file d'attente la plus simple et la plus étudiée. La notation M/M/1, selon la notation de Kendall, signifie :

M (Markovien) pour le processus d'arrivée : les arrivées des clients (ou patients) suivent un processus de Poisson, ce qui implique que les temps entre arrivées sont indépendants et exponentiellement distribués avec un taux moyen λ .

M (Markovien) pour le temps de service : les durées de service sont également distribuées de manière exponentielle, avec un taux de service μ .

1 signifie qu'il y a un seul serveur (une seule ressource de service).

- Les clients arrivent individuellement selon un processus de Poisson de paramètre λ .
- S'il y a un client en service, les autres patients attendent dans une file d'attente infinie (capacité illimitée).
- Le serveur traite les clients un par un selon la discipline FIFO (premier arrivé, premier servi).
- Le temps de service de chaque client suit une loi exponentielle de paramètre μ .
- Lorsque le service est terminé, le client quitte le système.



File d'attente M/M/1.

Le système peut être modélisé comme une chaîne de Markov à temps continu, où l'état i correspond au nombre de clients dans le système (en attente + en service), avec $i=0,1,2,\dots$

Les transitions sont :

CHAPITRE 1 : Notions fondamentales sur la gestion des files d'attente

- Arrivée d'un client : passage de l'état i à $i+1$ avec un taux λ .
- Fin de service : passage de l'état i à $i-1$ avec un taux μ (si $i>0$).

Il permet de calculer plusieurs indicateurs clés (Gross et Harris, 1998) :

- **Taux d'occupation** : $\rho = \lambda / \mu$, avec $\rho < 1$ pour la stabilité.
- **Nombre moyen de clients dans le système** :

$$L = \rho / (1 - \rho)$$

- **Probabilité d'avoir n clients dans le système** :

$$P_n = (1 - \rho) \times \rho^n$$

- **Temps moyen d'attente dans la file** :

$$W_q = \lambda / (\mu (\mu - \lambda))$$

- **Temps moyen total dans le système** :

$$W = 1 / (\mu - \lambda)$$

- **Nombre moyen de clients dans la file** :

$$L_q = \rho^2 / (1 - \rho)$$

Sachant que :

λ = taux d'arrivée (nombre moyen de **clients qui arrivent** par unité de temps)

μ = taux de service (nombre moyen de **clients que le serveur peut traiter** par unité de temps)

ρ = taux d'occupation (rapport entre les arrivées et la capacité du serveur)

1.2.2 Modèle M/M/c

Le modèle M/M/c étend le M/M/1 à c serveurs qui fonctionnent en parallèle, ce qui correspond mieux aux services hospitaliers où plusieurs médecins ou infirmiers sont disponibles simultanément.

Les arrivées restent un processus de Poisson, les temps de service exponentiels, et la stabilité exige :

$$\rho = \frac{\lambda}{c\mu} < 1$$

- Les clients arrivent selon un processus de Poisson.
- Jusqu'à c clients peuvent être servis simultanément.
- Si tous les serveurs sont occupés, les clients attendent dans la file.
- Le service est terminé selon une loi exponentielle indépendante pour chaque serveur.

Le système est modélisé comme un processus de naissance et de mort avec états $n=0,1,2,\dots$ où n est le nombre total de clients dans le système.

- Pour $n < c$, le taux de service total est $n\mu$ (car moins de serveurs sont occupés).
- Pour $n \geq c$, le taux de service total est $c\mu$ (tous les serveurs sont occupés).

Les taux de transition sont :

- Arrivée : λ (indépendant de n)
- Service : $\mu n = \min(n, c) \times \mu$

La probabilité d'avoir n clients dans le système est donnée par :

$$p_0 = \left[\sum_{n=0}^{c-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^c}{c!} \frac{1}{1 - \rho/c} \right]^{-1}$$

avec $\rho = \lambda/c\mu$, l'intensité du trafic par serveur.

Pour $0 \leq n < c$:

$$p_n = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} p_0$$

Pour $n \geq c$:

$$p_n = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{c!c^{n-c}} p_0$$

Indicateurs de performance :

Nombre moyen de clients dans la file :

$$L_q = p_0 \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c \rho}{c! \left(1 - \frac{\rho}{c}\right)^2}$$

Nombre moyen de clients dans le système :

$$L = L_q + \lambda / \mu$$

Temps moyen d'attente dans la file :

$$W_q = L_q / \lambda$$

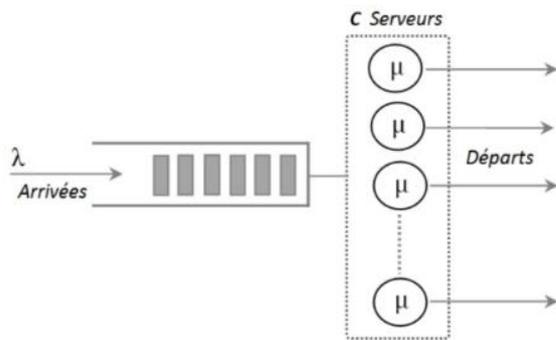
Temps moyen dans le système :

$$W = W_q + 1 / \mu$$

La condition de stabilité est $\rho = \lambda/c\mu < 1$, c'est-à-dire que la charge moyenne par serveur doit être inférieure à 1.

Le modèle M/M/c est adapté aux services hospitaliers où plusieurs serveurs (médecins, infirmiers) travaillent en parallèle, comme dans les services d'urgence. Il permet de

dimensionner le nombre de serveurs nécessaires pour assurer un niveau de service donné et d'évaluer les temps d'attente moyens en fonction de la charge.



File d'attente M/M/c.

1.2.3 Modèle M/G/1

Le modèle **M/G/1** est un système de file d'attente à un seul serveur où les arrivées suivent un processus de Poisson (notation **M** pour Markovien), tandis que les temps de service ont une distribution générale (**G**), c'est-à-dire qu'ils peuvent suivre n'importe quelle loi de probabilité avec une moyenne et une variance données. Ce modèle est plus réaliste que le classique M/M/1 car il prend en compte la variabilité des temps de service qui n'est pas nécessairement exponentielle.

Le taux d'occupation du serveur est donné par $\rho = \lambda \cdot E[S]$ où λ est le taux moyen d'arrivée et $E[S]$ la durée moyenne de service. Le théorème de Pollaczek-Khinchine⁵ permet de calculer des indicateurs clés comme le temps moyen d'attente en file :

$$E[W_q] = \frac{\lambda \cdot \text{Var}(S)}{2(1-\rho)}$$

et le temps moyen total passé dans le système (attente + service) :

$$E[T] = E[W_q] + E[S]$$

⁵ Le théorème de Pollaczek-Khinchine, appliqué au modèle M/G/1, permet de calculer précisément le temps moyen d'attente et la longueur moyenne de la file d'attente en fonction du taux d'arrivée, de la variance des temps de service et du taux d'occupation du serveur

Ce modèle est largement utilisé en recherche opérationnelle pour analyser des systèmes où les durées de service sont variables, comme dans les services d'urgence hospitaliers.

Applications pratiques des modèles dans les services d'urgence

Les modèles permettent de :

- Estimer les temps d'attente.
- Dimensionner le personnel.
- Simuler des scénarios d'affluence.
- Proposer des améliorations organisationnelles.

1.2.4 Les lois des temps inter-arrivées

Les lois des temps inter-arrivées correspondent aux distributions des intervalles de temps entre deux arrivées successives dans un système de file d'attente. Ces durées sont des variables aléatoires essentielles pour modéliser le processus d'arrivée des clients ou patients.

Dans le cas d'un processus de Poisson, qui modélise des arrivées aléatoires indépendantes à un taux constant λ , les temps inter-arrivées sont des variables indépendantes et identiquement distribuées suivant une loi exponentielle de paramètre λ .

Cette loi exponentielle possède la propriété « sans mémoire » (*memoryless*), ce qui signifie que la probabilité qu'une arrivée se produise dans un futur donné ne dépend pas du temps déjà écoulé depuis la dernière arrivée. Mathématiquement, la densité de probabilité du temps inter-arrivée TT est :

$$f_T(t) = \lambda e^{-\lambda t}, t \geq 0$$

Relation avec le processus de Poisson

La loi exponentielle des temps inter-arrivées est directement liée au **processus de Poisson**. Un processus de Poisson simple d'intensité λ est caractérisé par des arrivées dont les temps

inter-arrivées sont des variables aléatoires indépendantes et identiquement distribuées selon une loi exponentielle de paramètre λ .

Cette propriété est importante car elle permet de modéliser les arrivées aléatoires dans un système de file d'attente comme un processus où :

- Le nombre d'arrivées dans un intervalle de temps suit une loi de Poisson.
- Les intervalles entre arrivées suivent une loi exponentielle.

Autres lois d'inter-arrivées

Dans certains cas, les temps inter-arrivées peuvent suivre d'autres distributions, notamment :

- **Loi déterministe** : temps inter-arrivées constants, modélisant des arrivées régulières.
- **Loi d'Erlang** : somme de plusieurs variables exponentielles, utilisée pour modéliser des arrivées plus régulières que la loi exponentielle.
- **Lois générales (G)** : pour modéliser des arrivées avec des comportements plus complexes.

1.2.5 Outils statistiques pour l'analyse des données

L'analyse rigoureuse des données recueillies dans le cadre de la gestion des files d'attente nécessite l'utilisation d'outils statistiques adaptés pour valider les hypothèses et vérifier la pertinence des modèles mathématiques appliqués. Parmi ces outils, le **test du khi-deux d'indépendance** est particulièrement pertinent.

Le test du khi-deux et la théorie des files d'attente

La théorie des files d'attente repose sur des modèles probabilistes (comme les modèles M/M/1, M/G/1, ou M/M/c) qui supposent des lois spécifiques pour les arrivées et les temps de service (exponentiels ou généraux). Pour vérifier si ces hypothèses sont compatibles avec les données observées (par exemple, la distribution des arrivées ou la classification des patients selon l'urgence), il est nécessaire de confronter les données à ces modèles.

Le test du khi-deux permet de comparer la distribution observée des événements (par exemple, nombre d'arrivées par intervalle de temps, ou répartition des patients selon des catégories) à la distribution théorique attendue sous un modèle donné. Par exemple, on peut

tester si les arrivées suivent bien une loi de Poisson, ou si la classification des patients selon l'urgence est indépendante du mode d'arrivée.

Principe du test

- **Hypothèse nulle (H0)** : les variables sont indépendantes ou les données suivent la loi théorique (ex. : loi de Poisson).
- **Hypothèse alternative (H1)** : il existe une dépendance ou la loi théorique ne s'applique pas.
- La statistique χ^2 mesure l'écart entre les fréquences observées et attendues. Si cet écart est trop grand, on rejette H0.

Exemple d'application

Dans une étude sur les files d'attente, on peut utiliser le test du khi-deux pour vérifier si la distribution des arrivées dans un intervalle de temps correspond bien à une loi de Poisson.

Le test peut servir à analyser l'association entre le mode d'arrivée des patients et leur classification en fonction de l'urgence, ce qui permet de valider ou d'ajuster les modèles de tri et de priorisation.

Conditions et limites

- Les effectifs attendus doivent être suffisamment grands (généralement > 5) pour garantir la validité du test.
- Les observations doivent être indépendantes, ce qui est cohérent avec l'hypothèse d'arrivées indépendantes dans les modèles de files d'attente markoviennes.

Complémentarité avec les modèles mathématiques

L'utilisation conjointe des modèles de files d'attente et des tests statistiques comme le khi-deux permet de :

- **Valider les hypothèses de base** sur les arrivées et les services (lois de probabilité).

- **Ajuster les paramètres des modèles** (taux d'arrivée, distribution des temps de service).
- **Détecter des anomalies ou des biais** dans la gestion des flux (par exemple, un tri non conforme).

Ainsi, le test du khi-deux est un outil essentiel pour assurer la cohérence entre la théorie et la réalité observée, renforçant la pertinence des modèles utilisés pour optimiser la gestion des files d'attente.

Moyens employés dans les hôpitaux modernes pour gérer les files

Les hôpitaux modernes à travers le monde adoptent différentes stratégies :

- Numérisation des admissions
- Priorisation intelligente (algorithmes de tri)
- Formation continue à la gestion des flux

CONCLUSION

La compréhension des concepts relatifs aux files d'attente est un préalable indispensable à toute démarche d'amélioration dans un hôpital. En identifiant les types de files, leurs causes et leurs conséquences, les établissements peuvent mettre en œuvre des stratégies adaptées, basées sur des outils modernes, pour offrir un service de qualité tout en améliorant l'efficacité de leur fonctionnement interne.

CHAPITRE 2 : Présentation du Centre Hospitalo-Universitaire (CHU) de Béjaïa

INTRODUCTION

Ce chapitre proposera une présentation détaillée de cet établissement, en abordant son historique, sa structure organisationnelle, ses missions, ainsi que ses principales caractéristiques. Le Centre Hospitalo-Universitaire (CHU) de Béjaïa occupe une place centrale dans le système de santé algérien. En tant qu'établissement public à vocation hospitalo-universitaire, il assure des missions de soins, d'enseignement et de recherche.

2.1 HISTORIQUE ET CREATION DU CHU DE BEJAÏA

Le CHU de Béjaïa⁶ a été officiellement créé par le décret exécutif n° 09-319 du 6 octobre 2009⁷, venant compléter la liste des centres hospitalo-universitaires annexée au décret exécutif n° 97-467 du 23 décembre 1997, qui fixe les règles de création, d'organisation et de fonctionnement des centres hospitalo-universitaires en Algérie. Cette création visait à renforcer l'offre de soins spécialisés dans la région et à soutenir la formation médicale universitaire.

2.1.1 Missions et objectifs

Le CHU de Béjaïa remplit plusieurs missions fondamentales :

- **Mission de soins** : Assurer des prestations médicales et chirurgicales de qualité à la population de la wilaya de Béjaïa et des régions avoisinantes.
- **Mission d'enseignement** : Participer à la formation initiale et continue des étudiants en médecine, en collaboration avec la Faculté de Médecine de l'Université de Béjaïa.

⁶ <https://www.chubejaia.dz/>

⁷ <https://archive.gazettes.africa/archive/dz/2009/dz-government-gazette-dated-2009-10-11-no-58.pdf>

- **Mission de recherche** : Contribuer au développement de la recherche médicale et paramédicale, en favorisant l'innovation et l'amélioration des pratiques cliniques.

2.1.2 Organisation et structures hospitalières

Le CHU de Béjaïa est composé de trois établissements hospitaliers principaux, totalisant une capacité de 514 lits :

- **Hôpital Frantz Fanon**
Localisé rue Frères Arbouche à Béjaïa, cet hôpital compte 105 lits. Il offre des services en anatomie pathologique, chirurgie maxillo-faciale, médecine du travail, médecine légale, néphrologie-hémodialyse, oto-rhino-laryngologie, pneumologie-phthisiologie, et psychiatrie.
- **Hôpital Targa Ouzemour**
Situé à Targa Ouzemour, cet établissement de 105 lits est spécialisé en obstétrique-gynécologie et pédiatrie. Ces hôpitaux sont affiliés à la Faculté de Médecine de l'Université de Béjaïa, permettant ainsi une intégration étroite entre les activités cliniques et académiques.
- **Notre lieu d'étude : Hôpital Khelil Amrane :**
L'hôpital Khelil Amrane occupe une place stratégique dans le dispositif de soins de la wilaya en raison de la diversité des services spécialisés qu'il offre et de son rôle central dans la gestion des cas complexes.

Il dispose d'une capacité de 204 lits répartis sur plusieurs services spécialisés, notamment :

- Anesthésie-réanimation
- Cardiologie
- Chirurgie générale
- Médecine interne
- Neurochirurgie
- Orthopédie-traumatologie

- Pédiatrie
- Urgences médico-chirurgicales
- Imagerie médicale
- Laboratoire central
- Bloc opératoire central

2.1.3 Activités hospitalières et services

Le CHU de Béjaïa offre une large gamme de services médicaux et chirurgicaux, couvrant 22 spécialités. Il joue un rôle crucial dans la prise en charge des patients de la région, avec une activité soutenue dans les domaines suivants :

- **Urgences** : Les services d'urgence enregistrent une fréquentation élevée, nécessitant une organisation efficace pour gérer les flux de patients.
- **Hospitalisations** : Les différents services hospitaliers accueillent des patients pour des soins de courte ou longue durée, avec un taux d'occupation des lits souvent élevé.
- **Formation et stages** : Les hôpitaux du CHU servent de terrain de stage pour les étudiants, leur offrant une formation pratique essentielle.

2.1.4 Défis et perspectives

Malgré son rôle central, le CHU de Béjaïa fait face à plusieurs défis :

- **Surcharge des services** : La forte demande en soins entraîne une pression sur les capacités d'accueil, notamment aux urgences.
- **Gestion des files d'attente** : L'afflux massif de patients nécessite la mise en place de systèmes efficaces pour réduire les temps d'attente et améliorer la satisfaction des usagers.

- **Ressources humaines et matérielles** : Le besoin en personnel qualifié et en équipements modernes est constant pour maintenir un niveau de soins optimal.

2.2 PRESENTATION DU SYSTEME DE GESTION DE FILES D'ATTENTE DE L'HOPITAL KHELIL AMRANE

2.2.1 Le bureau des admissions

Le bureau des admissions est le point d'entrée dans le circuit des urgences. Il est situé à proximité de l'entrée principale du service. Dès leur arrivée, les patients (ou leurs accompagnants) se présentent à ce guichet où ils sont pris en charge par un agent administratif. Les informations collectées comprennent généralement : nom, prénom, date de naissance, etc.

2.2.2 Infirmier de tri

Les patients, ou leurs accompagnants, se présentent au poste de l'infirmier chargé du tri et de l'orientation pour obtenir un ticket et rejoindre la file d'attente. L'infirmier saisit sur son ordinateur (à travers le système DEM) les informations générales, telles que les symptômes, les antécédents médicaux, l'âge et le mode d'arrivée. Un algorithme se charge ensuite de classer les patients selon le degré d'urgence en utilisant un code couleurs :

- **Rouge** : Urgence vitale (prise en charge immédiate)
- **Orange**: Urgence relative
- **Vert** : Cas non urgents (consultation différée possible)

Les numéros des tickets et la couleur qui leur est associée sont affichés sur les écrans de la salle d'attente pour permettre aux patients de suivre l'avancement de la file d'attente et le service d'urgences dans lequel ils se rendront.

DEM⁸ : Le Dossier Électronique Médical (DEM) est un outil informatisé centralisant l'ensemble des informations médicales d'un patient, telles que ses antécédents, prescriptions, résultats d'examens ou comptes rendus d'hospitalisation. Il permet aux professionnels de santé d'accéder de manière sécurisée, rapide et coordonnée aux données cliniques, facilitant ainsi la continuité et la qualité des soins. Il permet une certaine connexion et communication facilitée entre les différents services. Dans le contexte hospitalier algérien, le DEM cherche à remplacer le dossier papier traditionnel, dans une optique de modernisation des pratiques médicales et de renforcement de l'efficacité des services hospitaliers.



The screenshot shows the login interface for the DEM system. At the top, there is a header with the Algerian flag, the text 'Ministere de la Sante', and the logo of the National Institute of Hospital Information Systems. Below the header, there are three input fields for 'Nom', 'Prénom', and 'Data de naissance'. A red button labeled 'Formuler' is positioned to the right of the 'Data de naissance' field. A tooltip message 'Veuillez renseigner ce champ.' is visible over the 'Nom' field.

Informations préliminaires



The screenshot displays the 'AGE' selection screen. It features four horizontal blue buttons representing different age groups: '< 35 ans', '35 - 45 ans', '45 - 65 ans', and '> 65 ans'. A mouse cursor is hovering over the '35 - 45 ans' button.

Age

⁸ <https://www.sante.gov.dz/>

ATCD

RAS
1
2
3 ou plus

Antécédents

MODE D'ARRIVEE

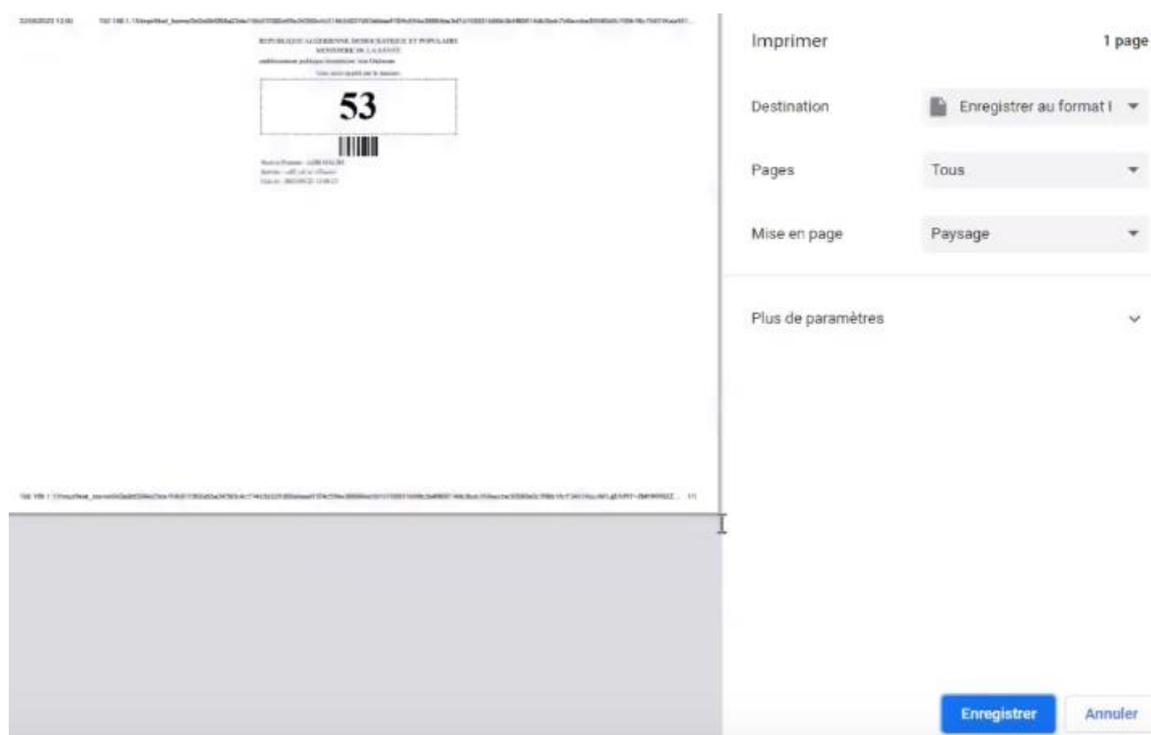
Sans Lettre d'orientation
Avec Lettre D'orientation
evacuation

Mode d'arrivée

ETAT GENERAL

Bon Etat général
Etat général Moyen
Etat général Altéré
Etat général très altéré

Etat général



Impression du ticket

Source : Interface box de l'infirmier de tri et d'orientation (DEM)

2.2.3 Orientation vers les services spécialisés

Selon la nature du problème, le patient est dirigé vers l'un des services d'urgences spécialisés :

a. Urgences médico-chirurgicales : Les urgences médico-chirurgicales désignent l'ensemble des situations cliniques nécessitant une prise en charge immédiate, qu'elles relèvent d'une cause médicale (comme un malaise, une infection aiguë etc.) ou chirurgicale.

b. Urgences orthopédiques et traumatologiques : Les urgences traumatologiques et orthopédiques regroupent l'ensemble des situations nécessitant une prise en charge rapide de lésions de l'appareil locomoteur, qu'elles soient d'origine traumatique (accidents, chutes, violences, etc.) ou liées à une pathologie aiguë du système musculo-squelettique.

Elles incluent les fractures, luxations, entorses graves, plaies articulaires, traumatismes crâniens ou rachidiens, et dans certains cas, des infections ostéo-articulaires aiguës.

Ces urgences nécessitent une évaluation clinique et radiologique rapide, parfois complétée par une intervention chirurgicale en urgence, afin de prévenir les complications fonctionnelles ou vitales. Elles sont prises en charge dans des unités spécialisées, souvent au sein des services d'urgences médico-chirurgicales ou de traumatologie

c. Urgences de chirurgie générale : Les urgences de chirurgie générale désignent les situations pathologiques aiguës nécessitant une prise en charge chirurgicale rapide dans un service de chirurgie non spécialisée.

Elles concernent principalement l'abdomen aigu chirurgical (appendicite, occlusion intestinale, perforation digestive, péritonite), les abcès profonds, les hernies étranglées, ainsi que certaines plaies ou hémorragies nécessitant une exploration et un geste opératoire immédiat.

d. Urgences neurochirurgicales : Les urgences neurochirurgicales désignent les situations cliniques graves touchant le système nerveux central ou périphérique (cerveau, moelle épinière, nerfs), nécessitant une évaluation immédiate et une intervention chirurgicale urgente, souvent vitale.

Elles comprennent notamment les traumatismes crâniens graves, les hématomes intracrâniens (épidural, sous-dural, intracérébral), les traumatismes rachidiens avec compression médullaire, les hydrocéphalies aiguës, les hernies cérébrales, et certaines tumeurs cérébrales en décompensation neurologique brutale.

Ces urgences sont prises en charge dans des structures spécialisées disposant d'une équipe de neurochirurgie, souvent en lien avec les services d'urgence, de réanimation et de radiologie interventionnelle.

Les médecins généralistes du tri médical reçoivent sur leur écran du DEM (sur une interface différente) les numéros et couleurs des patients, affichés en temps réel dans leur liste d'attente et appellent les patients en fonction de la gravité et de l'urgence du cas : Rouge puis Orange puis Vert.

The screenshot displays the DEM interface for a medical professional. It features two main panels. The top panel, titled 'Patients en observation', contains a table with the following columns: 'N° PATIENT', 'HEURE', 'NOM', 'PRENOM', 'PRESTATAIRE. S', and 'ACTIONS'. A single patient is listed with ID 156, dated 2023-05-15 at 14:05:37. The name and surname fields are redacted with blue scribbles. The 'PRESTATAIRE. S' field is also redacted. An action button labeled 'Passer à la consultation' is visible. Below this, a 'Historique des consultations' panel is partially visible. To the right, a 'Liste d'attente' panel shows a list of patients with their IDs and colors: 15 (red), 31 (green), and 24 (green). The red bar for patient 15 is labeled 'الاستعدادات الطبية'.

N° PATIENT	HEURE	NOM	PRENOM	PRESTATAIRE. S	ACTIONS
156	2023-05-15 14:05:37	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	→ Passer à la consultation

Historique des consultations

Liste d'attente

15	الاستعدادات الطبية
31	
24	

Source : Interface médecin (DEM)

Le numéro du patient appelé est affiché sur les écrans en salle d'attente.

CHAPITRE 3 : Evaluation du système de files d'attente au niveau des urgences médico-chirurgicales de l'unité hospitalière Khelil Amrane du CHU de Béjaïa

INTRODUCTION

Ce chapitre vise à analyser les files d'attente aux urgences de l'unité Khelil Amrane du CHU de Béjaïa, plus précisément le service UMC (urgences médico-chirurgicales) à partir d'observations réelles récoltées sur le terrain auxquelles nous allons tenter d'appliquer les modèles mathématiques de modélisation et tests étudiés précédemment

METHODOLOGIE

Description du contexte et du fonctionnement du système analysé ;

Présentation des données collectées et des méthodes d'évaluation utilisées (analytique, simulation, observation directe) ;

Analyse des résultats obtenus et comparaison avec les modèles théoriques ;

Discussion sur les résultats, les limites du modèle et les pistes d'amélioration possibles.

POURQUOI AVOIR CHOISI CE SERVICE ?

C'est le service le plus chargé et le plus varié en terme de types de patients et d'arrivées. Plus le nombre d'observations est important plus les statistiques et les chiffres récoltés sont pertinents et représentatifs de la réalité.

RECOLTE DE DONNEES :

Dans le cadre de ce travail, nous avons réalisé une observation directe au sein du service des urgences médico-chirurgicales de l'hôpital Khelil Amrane, durant trois journées complètes, hors jours fériés. Notre présence s'est concentrée entre le box de l'infirmier chargé du tri et de l'orientation des patients, et le bureau de tri médical où interviennent les médecins. Pour chaque patient, nous avons relevé l'heure d'impression du ticket fourni, correspondant à

l'heure d'arrivée dans la file d'attente. Ensuite, nous avons noté l'heure à laquelle le patient entrait dans le bureau médical, marquant ainsi l'heure de passage. Ces relevés nous ont permis de calculer les temps d'attente réels et de constituer une base de données fiable pour l'analyse.

3.1 DUREE D'ATTENTE

Durant la période de l'étude, nous avons recensé et chronométré individuellement le temps d'attente des patients avant qu'ils soient servis. Les résultats obtenus sont résumés dans les deux tableaux suivants :

Classe Prioritaire (Couleur Rouge) : Annexe 1

La durée moyenne d'attente des patients de classe prioritaire en se basant sur cet échantillon est de **11 Minutes**.

Classe non prioritaire (Couleur Orange) : Annexe 2

La durée moyenne d'attente pour les patients de la classe non prioritaire en se basant sur cet échantillon est de **14 Minutes 26 Secondes**.

3.2 ESTIMATION DE LA LOI D'ARRIVEE DES PATIENTS

Nous avons observé le nombre de patients arrivant au service des urgences durant 03 Jours de la semaine de 08h00 à 03h00 réparties sur 60 plages horaires. Durant cette période, nous avons recensés l'arrivée de **88 Patients** (couleur rouge) de la classe prioritaire et **99 Patients** de la classe non prioritaire (couleur orange) répartis comme suit : *Annexe 3*

Selon ces résultats, le taux d'arrivée des patients de la classe prioritaire est estimé à **1,467 Patients/Heure**. Tandis que le celui des patients de la classe non prioritaire est estimé à **1,65 Patients/heure**.

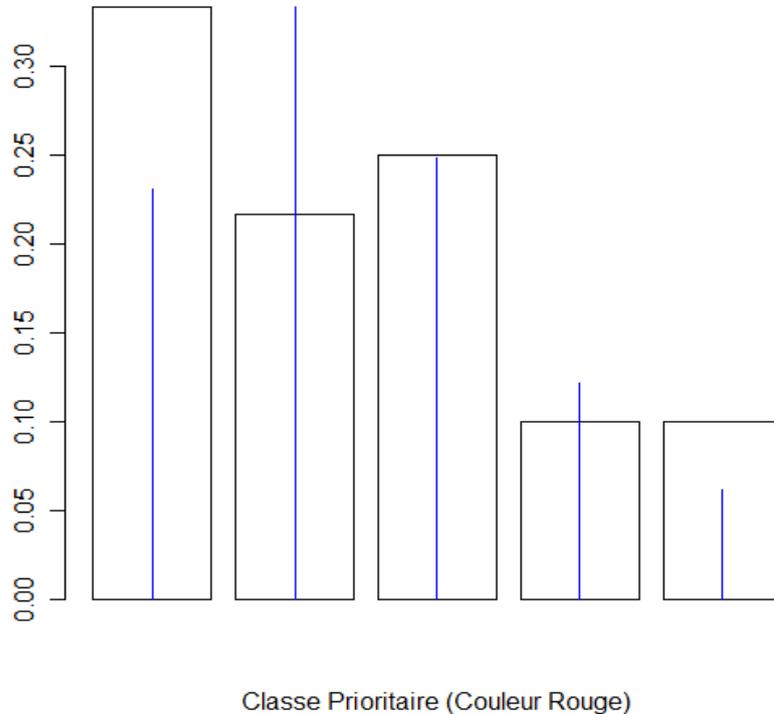
Dans cette section on cherche à estimer les lois d'arrivées pour chaque type de patient selon une loi Poisson et ce en utilisant certains outils statistiques tels que la méthode du diagramme en battant et le test statistique de KHI-DEUX.

A base des données collectées, l'analyse graphique la plus pertinente pour juger de l'adéquation de la loi de d'arrivée des patients avec la loi de Poisson repose sur le schéma suivant :

- On trace d'abord le diagramme en battant des fréquences correspondantes aux données.
- On superpose les valeurs de la « densité » associée à la loi de Poisson en estimant éventuellement le paramètre inconnu de celle-ci.

3.2.1. Estimation de la loi d'arrivée des patients de la classe prioritaire

x_i	n_i	$P(X=x_i)$	\tilde{n}_i	$(n_i - \tilde{n}_i)^2$	$\frac{(n_i - \tilde{n}_i)^2}{\tilde{n}_i}$
0	20	0,23069318	13,8415909	37,9260028	2,74000316
1	13	0,33835	20,301	53,3046012	2,625713078
2	15	0,24812333	14,8874	0,01267875	0,000851643
3	6	0,12130474	7,27828448	1,63401122	0,224504995
≥ 4	6	0,06152874	3,69172456	5,32813549	1,44326463
Total	60	1	60	C (obs)	7,034337506



Le diagramme nous donne une première impression que la loi d'arrivée des patients de la classe prioritaire (couleur rouge) suit une loi Poisson de paramètre $\lambda = 1.467$ Patients /Heure.

```
> classe1 = c(20, 13, 15, 6, 6)
> Lambda = 1.467
> bar = barplot(classe1 / 60, col = "white", xlab = "Classe Prioritaire (Couleur Rouge)")
> Poisson = c(dpois(0:3, Lambda), 1 - ppois(3, Lambda))
> points(bar, Poisson, type = "h", col = "blue")
> chisq.test(classe1, p = Poisson)

      Chi-squared test for given probabilities

data:  classe1
X-squared = 7.0349, df = 4, p-value = 0.1341
```

Le test de KHI-DEUX :

H₀ : " Le processus d'arrivée des patients de la classe prioritaire (couleur rouge) suit une loi Poisson de paramètre $\lambda = 1.467$ Patients /Heure".

H₁ : " Le processus d'arrivée des patients de la classe prioritaire (couleur rouge) ne suit pas une loi Poisson de paramètre $\lambda = 1.467$ Patients /Heure ".

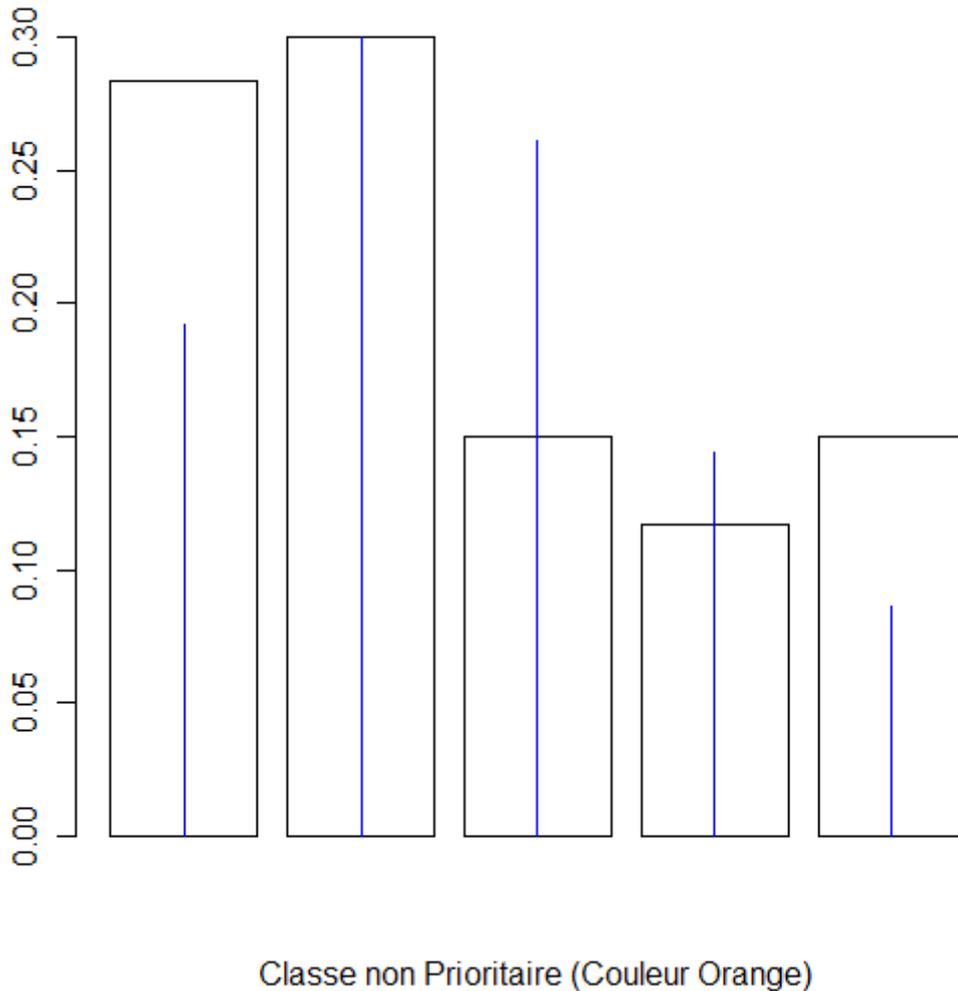
Le test de Khi-Deux indique que :

$$\chi^2 = 7.0349 \leq \chi_{(4)}^{0.05} = 9.94; \text{ et p-value} = 0.1341 > 0.05.$$

On accepte alors l'hypothèse H_0 , c'est-à-dire le processus d'arrivée des patients de la classe prioritaire (couleur rouge) suit une loi Poisson de paramètre $\lambda = 1.467$ Patients /Heure.

3.2.2. Estimation de la loi d'arrivée des patients de la classe non prioritaire :

x_i	n_i	$P(X = x_i)$	\tilde{n}_i	$(n_i - \tilde{n}_i)^2$	$\frac{(n_i - \tilde{n}_i)^2}{\tilde{n}_i}$
0	17	0,19204991	11,5229945	29,9975891	2,603280685
1	18	0,31688235	19,012941	1,02604938	0,053965842
2	9	0,26142794	15,6856763	44,6982674	2,849623223
3	7	0,14378537	8,62712196	2,64752587	0,30688402
≥ 4	9	0,08585444	5,15126629	14,8127512	2,875555327
Total	60	1	60	C (obs)	8,689309097



Le diagramme nous donne une première impression que la loi d'arrivée des patients de la classe non prioritaire (couleur orange) suit une loi Poisson de paramètre $\lambda= 1.65$ Patients /Heure.

Le test de KHI-DEUX :

H₀ : " Le processus d'arrivée des patients de la classe non prioritaire (couleur orange) suit une loi Poisson de paramètre $\lambda= 1.65$ Patients /Heure".

H₁ : " Le processus d'arrivée des patients de la classe non prioritaire (couleur orange) ne suit pas une loi Poisson de paramètre $\lambda= 1.65$ Patients /Heure ".

Le test de Khi-Deux indique que :

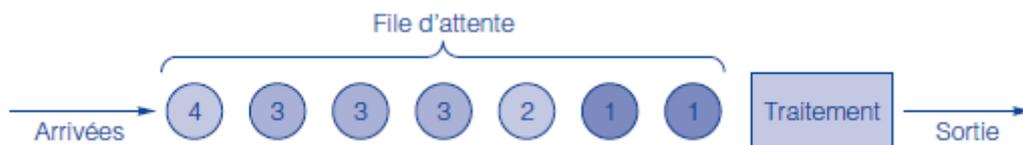
$$\chi^2 = 8.6893 \leq \chi_{(4)}^{0.05} = 9.94; \text{ et p-value} = 0.06935 > 0.05.$$

On accepte alors l'hypothèse H_0 , c'est-à-dire le processus d'arrivée des patients de la classe non prioritaire (couleur orange) suit une loi Poisson de paramètre $\lambda = 1.65$ Patients /Heure.

3.3 LOI DE LA DUREE DE SERVICE

Supposons que la durée de service suit une loi exponentielle avec une moyenne de 2H/Patient. Le taux de service moyen sera donc $\mu = 0,5$ Patients/heure.

Le système qui décrit adéquatement notre problème sera donc un modèle M/M/9 avec deux classes de priorité : Classe prioritaire avec $\lambda_1 = 1.467$ Patients/heure, et une classe non prioritaire avec $\lambda_2 = 1.65$ Patients/heure.



Chaque client est traité selon la règle FIFO dans chacune des deux classes. On commence par servir les patients de la classe prioritaire, une fois terminés, on passe à servir les patients de la classe non prioritaire. Il est évident que les clients dont la priorité est la moins élevée pourraient attendre assez longtemps, ce qui serait intolérable. Dans ce cas, on leur attribue une priorité plus élevée. Les formules permettant de calculer les principales mesures de performance de ce modèle sont données comme suit :

- **Taux d'utilisation du système :**

$$\rho = \frac{\lambda}{m\mu} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{9\mu} = \frac{1.467 + 1.65}{9 * 0.5} = \frac{3.117}{4.5} = 0,692$$

- **Mesures intermédiaires :**

$N_1 = 0,53$ Patients (à partir de la table d'un système à serveurs multiples et pour $\frac{\lambda}{\mu} = \frac{3,117}{0,5} = 6,234$ et $m = 9$ serveurs).

$$A = \frac{\lambda}{(1-\rho) * N_1} = \frac{3,117}{(1-0,692)*0,53} = 19,136$$

$$B_k = 1 - \sum_{c=1}^k \frac{\lambda}{m \mu}, \text{ pour } k = 1, \dots, 2. \text{ avec } B_0 = 1.$$

Classe Prioritaire (01) : $B_1 = 1 - \frac{\lambda_1}{m \mu} = 1 - \frac{1,467}{9 * 0,5} = 0,674.$

Classe non Prioritaire (02) : $B_2 = 1 - \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{m \mu} = 1 - \frac{3,117}{9 * 0,5} = 0,307.$

- La durée moyenne d'attente en file pour les clients de la classe k (Priorité k):

$$T_k = \frac{1}{A * B_{k-1} * B_k} \text{ pour } k = 1, \dots, 2.$$

Classe Prioritaire (01) : $T_1 = \frac{1}{A * B_0 * B_1} = \frac{1}{19,136 * 1 * 0,674}$
 $= 0,0775 \text{ Heures} = 4,652 \text{ Minutes}$
 $= 4 \text{ Minutes et } 39,12 \text{ Secondes}$

Classe non Prioritaire (02) : $T_2 = \frac{1}{A * B_1 * B_2} = \frac{1}{19,136 * 0,674 * 0,307}$
 $= 0,252 \text{ Heures} = 15,136 \text{ Minutes}$
 $= 15 \text{ Minutes et } 8,20 \text{ Secondes}$

- La durée moyenne de séjour dans le système pour les clients de la classe k (Priorité k) :

$$T_{sk} = T_k + \frac{1}{\mu} \text{ pour } k = 1, \dots, 2.$$

Classe Prioritaire (01) : $T_{s1} = T_1 + \frac{1}{\mu} = 0,075 + \frac{1}{0,5} = 2,0775 \text{ Heures}$
 $= 2 \text{ Heures et } 4,652 \text{ Minutes}$
 $= 2 \text{ Heures, } 4 \text{ Minutes et } 39,12 \text{ Secondes}$

$$\begin{aligned} \text{Classe non Prioritaire (02)} : T_{s2} &= T_2 + \frac{1}{\mu} = 0.252 + \frac{1}{0.5} \\ &= 2.252 \text{ Heures} = 2 \text{ Heures et } 15.136 \text{ Minutes} \\ &= 2 \text{ Heures, } 15 \text{ Minutes et } 8.20 \text{ Secondes} \end{aligned}$$

- Nombre moyen de patients de la classe k (Priorité k) qui attendent en file :

$$N_k = \lambda_k * T_k \text{ pour } k = 1, \dots, 2.$$

$$\begin{aligned} \text{Classe Prioritaire (01)} : N_1 &= \lambda_1 * T_1 = 1,467 * 0.0775 \\ &= 0.113 \text{ Patients} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Classe non Prioritaire (02)} : N_2 &= \lambda_2 * T_2 = 1,65 * 0.252 \\ &= 0.4162 \text{ Patients} \end{aligned}$$

Commentaire : La gestion des priorités est respectée, les patients rouges les plus prioritaires attendent moins que les patients orange, même si les temps d'attente sont plus longs que la norme dans certains hôpitaux étrangers. Le taux d'occupation est relativement raisonnable ce qui réduit les risques de saturation ou de files d'attente excessives.

Statistiquement la loi de Poisson est validée pour l'étude des arrivées, on peut donc utiliser les outils de la théorie des files d'attente. Les temps de service sont réalistes (2 heures) mais s'ils augmentent les risques de saturation augmentent aussi.

Recommandations : Surveiller les pics d'affluence, renforcer le personnel sur les créneaux horaires les plus chargés, un meilleur suivi plus précis des temps de service et heures de sortie pour ajuster la capacité si besoin et un meilleur triage des priorités : l'algorithme classe parfois en orange des cas peu urgents, ce qui peut encombrer la file.

Conclusion générale

Ce mémoire s'est intéressé à la gestion de la file d'attente au sein du service des urgences de l'hôpital Khelil Amrane, en s'appuyant sur une démarche d'observation terrain et sur des outils d'analyse statistique appliqués à des données réelles. L'objectif principal était de comprendre les dynamiques d'affluence, d'évaluer les délais de prise en charge et de d'évaluer la gestion de la file d'attente dans son ensemble.

Les résultats ont permis de mettre en évidence des différences nettes entre les deux principales catégories de patients : les urgences vitales, dont les arrivées restent relativement stables et aléatoires, et les urgences importantes mais non vitales, dont les arrivées se concentrent sur certaines plages horaires, créant des déséquilibres et des temps d'attente plus élevés. Cette situation souligne les limites des modèles de file d'attente classiques appliqués de manière uniforme, et la nécessité d'adapter l'organisation du service à la réalité du terrain.

Au-delà du constat, ce travail a proposé des pistes concrètes d'amélioration : meilleure répartition du personnel selon les horaires, une orientation plus précise des cas simples car oui : certains cas classés orange sont en réalité des cas verts, ou encore suivi plus rigoureux des indicateurs de performance. Ces recommandations s'inscrivent dans une logique d'optimisation continue, visant à améliorer la qualité de la prise en charge tout en assurant une meilleure maîtrise des flux.

Ce mémoire montre ainsi l'intérêt d'une approche fondée sur les données pour éclairer les décisions organisationnelles dans un contexte hospitalier, et ouvre la voie à de futures réflexions autour de la simulation, de la modélisation avancée et de la gestion dynamique des ressources en milieu de soins.

Bibliographie

- Baccelli, F., & Brémaud, P. (2003). *Éléments de théorie des files d'attente*. Paris : Springer.
- Ben Abdelaziz, A., & Ben Abdelaziz, A. (2008). *Modélisation des files d'attente dans les services d'urgences hospitalières*. *La Tunisie Médicale*, 86(6), 534-540.
<https://latunisiemedicale.com>
- CHU de Béjaïa (site) <https://www.chubejaia.dz/>
- Dumez, V., & Chouinard, M. C. (2014). *Gestion des flux de patients aux urgences : une revue de la littérature*. *Santé Publique*, 26(2), 233-241.
<https://www.cairn.info/revue-sante-publique-2014-2-page-233.htm>
- Giard, V. (2000). *Gestion des files d'attente et des stocks*. Paris : Economica.
- Green, L. V. (2006). Queueing analysis in healthcare. In Hall, R. W. (Ed.), *Patient Flow: Reducing Delay in Healthcare Delivery* (pp. 281-307). New York : Springer.
- Gross, D., & Harris, C. M. (1998). *Fundamentals of Queueing Theory* (3e éd.). New York : Wiley.
- Haute Autorité de Santé (HAS). (2015). *Organisation de l'accueil et de la prise en charge des urgences hospitalières*. Paris : HAS. <https://www.has-sante.fr>
- Kendall, D. G. (1953). *Stochastic processes occurring in the theory of queues and their analysis by the method of the imbedded Markov chain*. *The Annals of Mathematical Statistics*, 24(3), 338-354. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177728975>
- Le Lay, G. (2019). *Gestion des files d'attente et optimisation des flux de patients à l'hôpital*. Paris : Presses de l'EHESP.
- Ministère des Solidarités et de la Santé. (2020). *Organisation des urgences hospitalières : guide méthodologique*. Paris : Ministère des Solidarités et de la Santé.
<https://solidarites-sante.gouv.fr>
- Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2018). *Gestion des services d'urgence hospitalière*. Genève : OMS. <https://www.who.int/fr>

- Ross, S. M. (2014). *Introduction to Probability Models* (11e éd.). Academic Press.
- Wikipédia. (2024). *Loi de Poisson*. https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi_de_Poisson
- Wikipédia. (2024). *Théorie des files d'attente*.
https://fr.wikipedia.org/wiki/Th%C3%A9orie_des_files_d%27attente

ANNEXES

Annexe 1 :

Heure d'arrivée	Heure de Passage au service	Couleur	Temps d'attente
08:40	08:41	R	00:01
08:38	08:45	R	00:07
08:50	09:02	R	00:12
09:45	10:14	R	00:29
10:13	10:13	R	00:00
10:33	10:56	R	00:23
10:38	10:39	R	00:01
11:07	11:07	R	00:00
11:14	11:14	R	00:00
11:49	11:51	R	00:02
11:57	12:07	R	00:10
11:42	12:25	R	00:43
12:33	12:33	R	00:00
13:16	13:50	R	00:34
13:40	13:41	R	00:01
13:34	14:13	R	00:39
14:08	14:40	R	00:32
14:47	14:48	R	00:01
17:00	17:03	R	00:03
17:39	17:39	R	00:00
18:07	18:08	R	00:01
18:02	18:13	R	00:11
18:35	18:35	R	00:00
18:19	19:06	R	00:47
18:59	19:07	R	00:08
19:28	19:41	R	00:13
21:36	21:40	R	00:04
22:27	22:32	R	00:05
22:41	22:42	R	00:01
00:03	00:13	R	00:10
00:14	00:51	R	00:37
03:02	03:02	R	00:00
08:44	08:44	R	00:00
08:44	08:45	R	00:01
09:24	09:24	R	00:00
09:25	09:25	R	00:00

09:39	09:40	R	00:01
09:47	09:49	R	00:02
10:24	10:24	R	00:00
10:55	10:55	R	00:00
11:00	11:00	R	00:00
11:13	11:14	R	00:01
11:24	11:51	R	00:27
11:54	11:57	R	00:03
11:43	12:12	R	00:29
12:00	12:00	R	00:00
14:00	14:02	R	00:02
14:43	14:44	R	00:01
15:04	15:04	R	00:00
17:47	17:47	R	00:00
19:34	19:34	R	00:00
19:39	19:39	R	00:00
19:42	19:52	R	00:10
19:54	19:54	R	00:00
20:00	20:02	R	00:02
20:56	20:58	R	00:02
21:30	21:41	R	00:11
22:33	22:40	R	00:07
22:34	22:51	R	00:17
07:47	08:42	R	00:55
09:36	09:39	R	00:03
09:42	09:44	R	00:02
09:51	09:56	R	00:05
09:59	10:10	R	00:11
10:54	10:55	R	00:01
11:35	11:35	R	00:00
11:40	11:43	R	00:03
12:06	12:07	R	00:01
12:09	12:34	R	00:25
12:13	12:34	R	00:21
13:52	13:58	R	00:06
13:54	14:08	R	00:14
14:02	14:42	R	00:40
14:04	15:05	R	01:01
15:30	17:07	R	01:37
15:44	17:23	R	01:39
17:38	17:39	R	00:01
17:44	17:44	R	00:00

17:44	17:55	R	00:11
19:33	19:39	R	00:06
19:43	19:46	R	00:03
20:43	20:43	R	00:00
23:24	23:24	R	00:00
23:23	23:24	R	00:01
23:24	23:26	R	00:02
00:14	00:14	R	00:00
00:30	00:30	R	00:00
02:08	02:17	R	00:09

Annexe 2 :

Heure d'arrivée	Heure de Passage au service	Couleur	Temps d'attente
09:09	09:12	O	00:03
09:20	09:23	O	00:03
09:20	09:27	O	00:07
09:04	09:23	O	00:19
09:40	09:49	O	00:09
15:12	15:25	O	00:13
16:11	16:56	O	00:45
17:20	17:24	O	00:04
17:41	17:53	O	00:12
17:41	17:53	O	00:12
17:42	17:56	O	00:14
18:01	18:01	O	00:00
19:30	19:54	O	00:24
20:07	20:11	O	00:04
20:16	20:21	O	00:05
20:17	20:26	O	00:09
20:20	20:30	O	00:10
21:02	21:03	O	00:01
21:12	21:15	O	00:03
21:24	21:26	O	00:02
22:03	22:07	O	00:04

22:37	22:50	O	00:13
22:38	23:04	O	00:26
23:29	23:46	O	00:17
23:31	23:52	O	00:21
23:38	23:55	O	00:17
23:41	00:01	O	00:20
23:41	00:22	O	00:41
23:45	00:34	O	00:49
02:28	02:28	O	00:00
02:35	02:35	O	00:00
02:38	02:41	O	00:03
02:47	02:49	O	00:02
02:51	02:52	O	00:01
10:47	10:50	O	00:03
12:51	13:22	O	00:31
13:22	13:30	O	00:08
15:00	15:03	O	00:03
16:36	16:42	O	00:06
16:51	16:52	O	00:01
16:52	16:56	O	00:04
16:38	16:52	O	00:14
16:53	16:59	O	00:06
17:09	17:11	O	00:02
18:30	18:30	O	00:00
19:04	19:12	O	00:08
19:10	19:22	O	00:12
19:06	19:25	O	00:19
19:26	19:41	O	00:15
19:32	20:06	O	00:34
19:38	20:06	O	00:28
20:29	20:29	O	00:00
20:30	20:38	O	00:08
21:04	21:11	O	00:07
21:57	22:04	O	00:07
21:12	22:14	O	01:02
21:30	22:22	O	00:52
21:44	22:27	O	00:43
22:30	22:56	O	00:26
00:04	00:19	O	00:15
00:21	00:21	O	00:00
01:54	01:54	O	00:00
03:07	03:12	O	00:05

08:04	09:17	O	01:13
10:02	10:32	O	00:30
16:15	17:34	O	01:19
16:27	17:40	O	01:13
18:16	18:28	O	00:12
18:12	18:28	O	00:16
18:19	18:33	O	00:14
18:27	18:47	O	00:20
18:36	19:10	O	00:34
19:09	19:20	O	00:11
19:25	19:37	O	00:12
19:45	19:55	O	00:10
19:47	19:57	O	00:10
19:59	20:02	O	00:03
20:22	20:26	O	00:04
20:34	20:39	O	00:05
20:36	20:58	O	00:22
20:37	21:05	O	00:28
20:40	21:05	O	00:25
20:50	21:11	O	00:21
20:58	21:16	O	00:18
21:03	21:21	O	00:18
22:07	22:26	O	00:19
22:25	22:37	O	00:12
23:08	23:08	O	00:00
23:44	23:59	O	00:15
00:32	00:32	O	00:00
00:46	00:46	O	00:00
01:02	01:02	O	00:00
01:10	01:12	O	00:02
01:21	01:21	O	00:00
01:55	01:55	O	00:00
01:58	02:00	O	00:02
02:00	02:04	O	00:04
02:04	02:07	O	00:03
02:20	02:22	O	00:02

Annexe 3

Plage Horaire	Nombre de patients de la classe prioritaire (couleur Rouge)	Nombre de patients de la classe non prioritaire (couleur Orange)
08h00 - 09h00	3	2
09h00 - 10h00	1	3
10h00 - 11h00	3	0
11h00 - 12h00	5	1
12h00 - 13h00	1	0
13h00 - 14h00	3	2
14h00 - 15h00	2	0
15h00 - 16h00	0	1
16h00 - 17h00	0	1
17h00 - 18h00	2	3
18h00 - 19h00	5	2
19h00 - 20h00	1	1
20h00 - 21h00	0	4
21h00 - 22h00	1	3
22h00 - 23h00	2	3
23h00 - 00h00	0	3
00h00 - 01h00	2	0
01h00 - 02h00	0	1
02h00 - 03h00	0	4
03h00 - 04h00	1	0
08h00 - 09h00	2	1
09h00 - 10h00	4	0
10h00 - 11h00	2	1
11h00 - 12h00	5	0
12h00 - 13h00	1	1
13h00 - 14h00	0	1
14h00 - 15h00	2	0
15h00 - 16h00	1	1
16h00 - 17h00	0	5
17h00 - 18h00	1	1
18h00 - 19h00	0	1
19h00 - 20h00	4	6
20h00 - 21h00	2	2
21h00 - 22h00	1	5
22h00 - 23h00	2	1
23h00 - 00h00	0	0
00h00 - 01h00	0	2
01h00 - 02h00	0	1
02h00 - 03h00	0	0

03h00 - 04h00	0	1
07h00 - 08h00	1	0
08h00 - 09h00	0	1
09h00 - 10h00	4	0
10h00 - 11h00	1	1
11h00 - 12h00	2	0
12h00 - 13h00	3	0
13h00 - 14h00	2	0
14h00 - 15h00	2	3
15h00 - 16h00	2	0
16h00 - 17h00	0	2
17h00 - 18h00	3	0
18h00 - 19h00	0	5
19h00 - 20h00	2	4
20h00 - 21h00	1	5
21h00 - 22h00	0	1
22h00 - 23h00	0	2
23h00 - 00h00	3	2
00h00 - 01h00	2	2
01h00 - 02h00	0	4
02h00 - 03h00	1	3
Total	88	99
Moyenne	1,467	1,65

Table des matières

Introduction générale.....	1
Problématique.....	1
Hypothèses.....	2
Objectifs.....	2
Méthodologie.....	2
Plan du mémoire.....	3
CHAPITRE 1 : Notions fondamentales sur la gestion des files d'attente.....	4
1.2 DEFINITIONS ET CONCEPTS DE BASE.....	5
1.1.1 Concepts de base.....	5
1.1.2 La théorie des files d'attente.....	5
1.1.3 Le processus de Poisson.....	6
1.1.4 La notation de Kendall.....	8
1.1.5 La discipline de service.....	8
1.3 LES MODELES MATHEMATIQUES DES FILES D'ATTENTE.....	10
1.2.1 Modèle M/M/1.....	10
1.2.2 Modèle M/M/c.....	12
1.2.3 Modèle M/G/1.....	14
1.2.4 Les lois des temps inter-arrivées.....	15
1.2.5 Outils statistiques pour l'analyse des données.....	16

Conclusion.....	18
-----------------	----

CHAPITRE 2 : Présentation du CHU de Bejaia et son système de gestion des files d'attente.....19

2.1 HISTORIQUE ET CREATION DU CHU DE BEJAÏA.....19

2.1.1 Missions et objectifs.....	19
----------------------------------	----

2.1.2 Organisation et structures hospitalières.....	20
---	----

2.1.3 Activités hospitalières et services.....	21
--	----

2.1.4 Défis et perspectives.....	21
----------------------------------	----

2.2 PRESENTATION DU SYSTEME DE GESTION DES FILES D'ATTENTE.....22

2.2.1 Le bureau des admissions.....	22
-------------------------------------	----

2.2.2 Infirmier de tri.....	22
-----------------------------	----

2.2.3 Orientation vers les services spécialisés.....	25
--	----

CHAPITRE 3 : Evaluation du système de files d'attente au niveau des urgences médico-chirurgicales de l'unité hospitalière Khelil Amrane du CHU de Béjaïa.....29

3.1 DUREE D'ATTENTE.....29

3.2 ESTIMATION DE LA LOI D'ARRIVEE DES PATIENTS.....29

3.2.1. Estimation de la loi d'arrivée des patients de la classe prioritaire.....	30
--	----

3.2.2. Estimation de la loi d'arrivée des patients de la classe non prioritaire.....	31
--	----

3.3 LOI DE LA DUREE DE SERVICE.....	33
--	-----------

Conclusion générale.....	36
---------------------------------	-----------

Bibliographie.....	37
--------------------	----

Annexes.....	38
--------------	----

Résumé :

Ce mémoire porte sur la gestion des files d'attente au sein du CHU de Béjaïa, en s'appuyant sur la modélisation par les processus aléatoires et les chaînes de Markov. L'approche adoptée permet d'analyser le fonctionnement des files d'attente dans un contexte hospitalier marqué par la variabilité des flux de patients et la nécessité d'une prise en charge efficace.

L'évaluation des performances du système met en évidence l'importance de l'organisation, de la gestion des priorités et de l'optimisation des ressources pour améliorer la qualité du service et la satisfaction des usagers. Les résultats obtenus confirment la pertinence des outils mathématiques pour comprendre et anticiper les phénomènes d'attente dans les établissements de santé.

Mots clés : processus aléatoires, chaîne de Markov, CHU, file d'attente, évaluation des performances

Abstract :

This thesis focuses on queue management at the CHU of Béjaïa, using modeling based on random processes and Markov chains. The chosen approach enables an in-depth analysis of queue functioning in a hospital environment characterized by variable patient flows and the need for efficient care. The performance evaluation highlights the importance of organization, priority management, and resource optimization to improve service quality and user satisfaction. The findings confirm the relevance of mathematical tools in understanding and anticipating waiting phenomena in healthcare institutions.

Keywords: random processes, Markov chain, university hospital, queue, performance evaluation

ملخص :

يتناول هذا البحث إدارة طوابير الانتظار في المستشفى الجامعي ببجاية، معتمداً على النمذجة بواسطة العمليات العشوائية وسلاسل ماركوف. تمكن هذه المقاربة من تحليل عمل الطوابير في بيئة استشفائية تتسم بتقلب تدفق المرضى والحاجة إلى رعاية فعالة. يبرز تقييم الأداء أهمية التنظيم، وإدارة الأولويات، وتحسين استغلال الموارد لتحسين جودة الخدمة ورضا المرضى. تؤكد النتائج ملاءمة الأدوات الرياضية لفهم وتوقع ظواهر الانتظار في المؤسسات الصحية.

الكلمات المفتاحية: العمليات العشوائية، سلسلة ماركوف، مستشفى جامعي، طابور الانتظار، تقييم الأداء