

# Modélisation et simulation des flux de patients dans un service d'urgence critique : Étude de cas dans un hôpital algérien

Mahieddine ikram<sup>1</sup>, Hachemi khalid<sup>1</sup>, Benali dalila<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Génie de Production et Maintenance Industrielle (LGPMI), Institut de maintenance et de sécurité industrielle (IMSI). Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed, B.P. 170 El M'naouer Oran 31000, Algérie

<sup>2</sup> Université d'Oran 1 Ahmed Ben Bella, Faculté de médecine d'Oran

mahieddine.ikram@univ-oran2.dz ; hachemi.khalid@univ-oran2.dz ; dalila503400@gmail.com

**Résumé.** Le service des urgences (SU) de l'hôpital est le point d'entrée principal de l'établissement, fournissant des soins de santé aux patients présentant des conditions menaçant le pronostic vital et confrontés à des problèmes multiples. Récemment, ces services ont connu une croissance exponentielle de leur activité, exacerbée par des contraintes de ressources.

Notre recherche se concentre sur l'étude du flux de patients au sein du service d'urgence de l'établissement hospitalier universitaire (EHU) - Oran, Algérie. À l'aide de simulations, nous cherchons à évaluer les performances actuelles du système, en identifiant les goulets d'étranglement et les inefficacités qui pourraient compromettre la qualité des soins et la satisfaction des patients. Sur la base de cette analyse critique, notre objectif est de formuler des recommandations spécifiques et réalisables pour améliorer le fonctionnement du service d'urgence. Cela pourrait inclure des ajustements dans l'allocation des ressources, des stratégies pour réduire les temps d'attente, ainsi que des mesures visant à optimiser la coordination et la communication entre les différentes équipes impliquées dans la prise en charge des patients d'urgence. En résumé, notre travail vise à contribuer à l'amélioration continue des services d'urgence, en mettant l'accent sur l'efficacité opérationnelle et la qualité des soins dispensés.

**Mots clés :** service des urgences, modèle de simulation, logiciel Arena, soins de santé publique, gestion des soins de santé.

**Resumen.** El servicio de urgencias (SU) del hospital es el punto de entrada principal de la institución, proporcionando atención médica a pacientes con condiciones que amenazan la vida y enfrentan múltiples problemas. Recientemente, estos servicios han experimentado un crecimiento exponencial en su actividad, exacerbado por limitaciones de recursos.

Nuestra investigación se centra en el estudio del flujo de pacientes dentro del servicio de urgencias del Hospital Universitario (EHU) - Orán, Argelia. Utilizando simulaciones, buscamos evaluar el desempeño actual del sistema, identificando cuellos de botella e ineficiencias que podrían comprometer la calidad de la atención y la satisfacción de los pacientes. Basándonos en este análisis crítico, nuestro objetivo es formular recomendaciones específicas y factibles para mejorar el funcionamiento del servicio de urgencias. Esto podría incluir ajustes en la asignación de recursos, estrategias para reducir los tiempos de espera, así como medidas para optimizar la coordinación y comunicación entre los diferentes equipos involucrados en la atención de pacientes de urgencia. En resumen, nuestro trabajo busca contribuir a la mejora continua de los servicios de urgencias, centrándose en la eficiencia operativa y la calidad de la atención proporcionada.

**Palabras clave :** servicio de urgencias, modelo de simulación, software Arena, atención médica pública, gestión de atención médica.

## Introduction

De manière analogue à une entreprise industrielle du secteur des services (transport, hôtellerie...), les hôpitaux s'efforcent de satisfaire une demande sujette à des phénomènes de saisonnalité. Différentes ressources humaines et matérielles sont mises en œuvre à cette fin et sont disponibles en capacité limitée pour procéder à des changements structurels et organisationnels dans le but d'améliorer leurs performances.

La mission primordiale de l'hôpital public est de répondre aux besoins divers de la population en matière d'urgence, quel que soit leur nature. La nature évolutive des techniques médicales et les demandes croissantes et légitimes du public imposent une adaptation constante des Services d'Urgences pour y répondre de manière adéquate.

Les problèmes clés rencontrés dans un tel système sont résumés par le manque de ressources (humaines et matérielles), les longs temps d'attente des patients (qui peut aggraver l'état de santé des malades), surcharge de quelques services d'hospitalisation et des personnels (c'est-à-dire que le nombre de lits et l'effectif du personnel ne sont pas suffisants pour couvrir toutes les demandes de soins. Ces problèmes affectent la qualité des soins fournis.

L'objectif principal de ce mémoire est de réduire ces temps d'attente au sein du service d'urgence de l'établissement hospitalier universitaire (EHU) - Oran, Algérie. Pour ce faire, nous adoptons une approche de modélisation utilisant des représentations graphiques, pour visualiser le fonctionnement du système étudié. Nous utilisons le logiciel Arena, leader mondial en simulation d'événements discrets, pour créer et simuler un modèle du système d'urgence. Cette simulation vise à identifier les performances et les dysfonctionnements du système actuel.

La Simulation à Événements Discrets (SED) est une méthode couramment utilisée dans l'étude de la dynamique des systèmes. Il s'agit d'une technique opérationnelle pour traiter les systèmes dans lesquels le changement d'état d'un système au fil du temps se présente sous forme d'une série d'événements discrets. Dans notre cas au service des urgences de l'Etablissement Hospitalier Universitaire (EHU- Oran), nous appliquons le SED dans l'évaluation de l'impact de nombreux scénarios d'optimisation proposés sur les performances. Nos modèles de simulation sont élaborés à l'aide du simulateur Rockwell Arena V14, un logiciel SED dédié à l'automatisation des processus et à la simulation. Il a été efficacement utilisé dans de nombreuses recherches récentes [Derni et al., 2019] et [Zeinali et al., 2015].

La méthode proposée, qui nous permet d'atteindre les performances et les résultats escomptés, sera mise en œuvre en trois étapes principales : 1) Analyse et étude du système actuel avec collecte de données, 2) Traitement de ces données, 3) Ajustement des différentes lois du système en se basant sur les données. 4) Simulation et analyse de résultats des performances.

## 1 Revue de la littérature

La problématique de cette revue est centrée sur la satisfaction des patients dans les services d'urgences (SU), qui constitue un défi majeur pour les établissements hospitaliers. Plus précisément, cette revue met en lumière le temps d'attente comme étant la principale cause d'insatisfaction des patients fréquentant les services d'urgence. Les recherches présentées dans la revue explorent différentes approches pour résoudre ce problème, notamment par le biais de modélisation et de simulation du processus de visite des patients aux urgences.

[Trout et al., 2002], ont examiné les associations entre la satisfaction des patients aux urgences et les temps d'attente réels et perçus. Les résultats ont montré que la satisfaction globale des patients était plus fortement associée à la perception que le temps d'attente était plus court que prévu qu'aux temps d'attente réels ou estimés.

[Wang et al., 2009] ont développé deux méthodes de simulation, ARIS Toolset et Arena, pour modéliser et simuler le processus de visite des patients aux urgences. Dans le but d'identifier les goulots d'étranglement du processus et d'ajuster l'allocation des ressources sans perturber le système réel. Ils ont testé deux scénarios d'amélioration

: améliorer l'efficacité des médecins en réduisant le temps de consultation, et créer un "Quick Pass" pour les pathologies mineures. [Aziati et Hamdan, 2018] ont abordé le problème des longues files d'attente et des temps d'attente élevés dans les départements de consultation externe des cliniques publiques. Ils ont appliqué la théorie des files d'attente et la simulation à l'aide du logiciel ARENA pour modéliser et améliorer les flux de patients afin de réduire les temps d'attente.

[Cheaitou et al., 2021] ont étudié les problèmes rencontrés dans les services d'urgence des hôpitaux, notamment l'engorgement dû à l'augmentation du nombre de patients, le manque de ressources humaines et matérielles, ainsi que les longs temps d'attente des patients. Ils ont cherché à modéliser et simuler le flux des patients dans ces services d'urgence, afin d'identifier les goulots d'étranglement et les facteurs ayant un impact significatif sur la durée de séjour des patients. L'objectif était de minimiser les temps d'attente et d'améliorer la qualité des soins, en optimisant l'allocation des ressources et l'organisation des processus. De même, [Sepehri et al., 2015] ont modélisé par simulation à événements discrets le flux patient aux urgences de l'hôpital de Sirjan en Iran. Ils ont comparé deux scénarios : le statu quo et l'ajout de personnel. Les résultats montrent que le second scénario réduit considérablement les temps d'attente des patients. [Zeinali et al., 2015] ont présenté un modèle SED combiné à des méta-modèles appropriés pour améliorer le flux des patients et soulager la congestion en modifiant le nombre de ressources aux urgences. Ils ont évalué les performances du système pour différentes configurations de ressources, puis une technique de méta-modèle a été choisie pour remplacer le modèle SED coûteux en termes de calcul.

[Castanheira-Pinto et al., 2021] ont développé un modèle de simulation détaillé d'un service d'urgence hospitalier en se basant sur des données réelles. Ils ont généré plusieurs scénarios alternatifs en faisant varier les ressources. Les résultats ont permis d'identifier des améliorations concrètes, validées par le personnel médical, qui ont été mises en œuvre par l'hôpital. [Derni et al., 2019] ont modélisé les flux de patients aux urgences à l'aide d'un workflow, ont construit un modèle de simulation et testé différents scénarios d'optimisation. Finalement ils ont montré que l'ajout d'une infirmière et d'équipements de radiologie réduit significativement les temps d'attente et de séjour. [Abo-Hamad et al., 2013] ont développé un cadre intégrant la simulation par événements discrets, le balanced scorecard et l'analyse décisionnelle multicritère pour améliorer les processus de soins d'urgence. Ils l'ont appliqué à un cas réel dans un service d'urgence en Irlande. Les résultats de simulation ont montré que réduire l'engorgement des admissions aurait le plus grand impact positif. Le cadre proposé a été bien accueilli par les gestionnaires qui l'ont jugé utile pour planifier de nouvelles stratégies. [Kakooei et al., 2022] ont développé une théorie des files d'attente et une technique de simulation adaptées pour optimiser la gestion d'un hôpital dentaire à Téhéran. En simulant deux scénarios pour réduire les temps d'attente et le nombre moyen de patients. Ils ont conclu que réorganiser les tâches du personnel et établir des lignes de service parallèles, sans augmenter le personnel, peut améliorer les files d'attente.

[Kaushal et al., 2015] ont développé un modèle de simulation à base d'agents pour évaluer deux stratégies de traitement rapide aux urgences : une approche statique avec une durée fixe et une approche dynamique basée sur le temps d'attente moyen et le nombre de patients en cours de traitement. Ils ont simulé différents scénarios et les résultats ont montré que la stratégie de traitement rapide dynamique avec un seuil de temps d'attente moyen de 50 minutes et une limite de 9 patients en traitement permettait une réduction significative des temps d'attente sans affecter les performances globales.

## 2 Méthodologie

Notre méthodologie se compose de trois phases distinctes visant à améliorer les opérations du service des urgences (SU). Dans un premier temps, nous recueillons les données nécessaires concernant les patients du SU, qui servent de base à nos phases suivantes. La deuxième phase consiste à utiliser ces données pour construire un modèle de simulation adapté aux dynamiques uniques de l'environnement du SU. Ensuite, nous exécutons de nombreux scénarios de simulation pour affiner les indicateurs de performance et analyser les résultats. Les gains résultants de notre approche offrent des propositions opérationnelles pour les superviseurs

du SU cherchant à optimiser les solutions. De plus, nous évaluons méticuleusement l'impact et l'efficacité de chaque solution proposée, fournissant une évaluation complète de l'efficacité de notre méthodologie dans l'amélioration des opérations du SU.

## **2.1 Description de service d'urgence de l'établissement hospitalier universitaire**

Le domaine d'étude, le service des urgences de l'établissement hospitalier universitaire - ci-après dénommé par abréviation (EHU) - est situé à Oran, Algérie, reçoit plus de 20 000 patients par an (environ 54 patients par jour en moyenne). Ces patients présentent une variété de conditions critiques et non critiques, classées en trois niveaux d'urgence : très urgent, urgent et moins urgent en utilisant l'Index de Gravité des Urgences (IGU). La priorité est accordée aux cas critiques, qui nécessitent un traitement immédiat et sont considérés comme les plus dangereux. En revanche, les cas de niveau 3, représentant des types cliniques moins urgents, se voient accorder une priorité moindre.

Les patients émergents et urgents (niveaux d'acuité 1, 2) doivent être pris en charge en moins de 15 minutes en moyenne à partir de leur heure d'arrivée, tandis que ceux ayant une faible acuité peuvent attendre longtemps ou partir sans avoir été vus, ce qui est un problème courant.

## **2.2 Le Service d'Accueil des Urgences Vitales S.A.U.V :**

Est une unité médicale spécialisée dans la prise en charge des situations d'urgence vitale. Il s'agit d'une composante essentielle des services d'urgence hospitaliers. Le SAUV est spécifiquement conçu pour traiter les patients présentant des conditions médicales graves ou potentiellement mortelles, telles que les traumatismes sévères, les accidents vasculaires cérébraux (AVC) ou les arrêts cardiaques. Ces unités sont généralement dotées d'un personnel médical hautement qualifié et d'équipements avancés pour stabiliser les patients et leur fournir les soins d'urgence nécessaires avant leur transfert éventuel vers d'autres services spécialisés.

## **2.3 Collecte de données**

Les données collectées ont été recueillies sur une période d'un mois. Les données ont été recueillies à partir de diverses sources, notamment les observations directes sur le terrain, les dossiers médicaux électroniques, les registres de triage et les entretiens avec le personnel médical.

Nous avons capturé des informations détaillées telles que les temps de traitement des patients, les taux d'arrivée des patients par heure/jour/semaine, les ressources disponibles, les capacités des salles de traitement et ces données ont été analysées à l'aide de l'analyseur d'entrée d'Arena.

## **2.4 Modèle de simulation**

Le modèle de simulation a été construit en se basant sur une compréhension approfondie des processus actuels de "ED". Le modèle a été construit par le simulateur Rockwell Arena v14. La figure 8 montre la conception du modèle de simulation.

Le modèle comprend sept processus distincts (Service d'Accueil des Urgences Vitales S.A.U.V, bloc opératoire, réanimation, consultation et hospitalisation du patient.), chacun exigeant une allocation spécifique de ressources. La progression du patient entre ces processus est gérée par des composants de décision, chaque décision étant informée par un modèle probabiliste dérivé des données collectées.

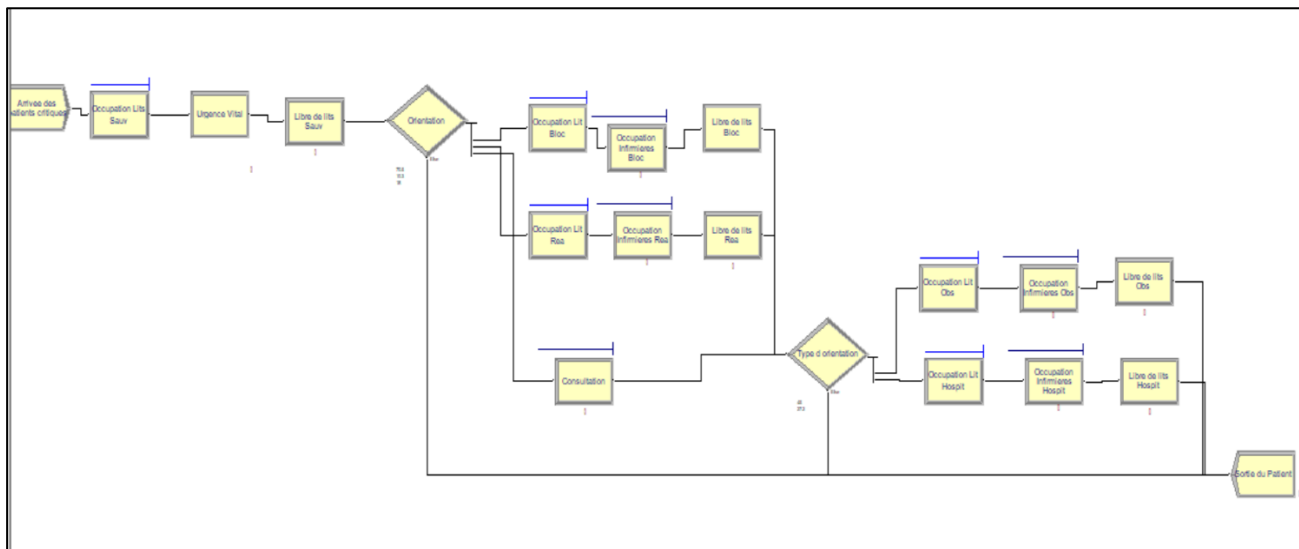


Fig. 1. Modèle de simulation de l'étude de cas " SU " sous le simulateur Rockwell Arena v14.

### 3 Résultats de la simulation

#### 3.1 Test de vérification

Le modèle représentatif du comportement d'UMC stipule que 184 patients sont entré dans le service des urgences et 149 ont quitté le service après dix jours, comme indiqué dans la figure ci-dessous.

Number In		Value			
Patients		184.00			
Number Out		Value			
Patients		149.00			
WIP		Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Patients		22.0621	(Insufficient)	0.00	38.0000

Fig. 2. Données statistiques relatives aux entités patientes.

#### 3.2 Données statistiques relatives aux entités patientes

Les statistiques du rapport de fin de simulation indiquent qu'un patient passe en moyenne 341.29 minutes en traitement effectif. Le temps de traitement réel est maximum 572.79 minutes, minimum 159.15 minutes.

La durée de non-valeur ajouté en moyenne est de 1357 minutes, ce dernier représentant la période pendant laquelle le patient ne bénéficie d'aucun service de soins, à titre d'exemple lorsque le patient est alité. Cette dernière a en moyenne deux valeurs un maximum 5732 minutes, un minimum de zéro minute. La durée moyenne passée dans les files d'attente est de 70 minutes.

En moyenne un patient reste dans le service des urgences 1771 minutes avec une valeur maximale de 6229 minutes et minimale de 162.93 minutes. Comme indiqué dans la figure 3.

<b>Entity</b>				
<b>Time</b>				
VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Patients	341.29	(Insufficient)	159.15	572.70
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Patients	1357.86	(Insufficient)	0.00	5732.14
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Patients	72.8383	(Insufficient)	0.00	619.45
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Patients	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Patients	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Patients	1771.99	(Insufficient)	162.93	6229.35

Fig. 3. Données statistiques relatives aux entités patientes

### 3.3 Résultats statistiques relative aux files d'attente des patients

Un patient attend dans la file d'attente intitulé occupation de lit salle SAUV en moyenne 65 minutes, dans la salle d'hospitalisation en moyenne 75.99 minutes, puis il attend dans la salle d'observation en moyenne 11.26 minutes. Comme illustre la figure 4.

<b>Queue</b>				
<b>Time</b>				
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
consultation.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Occupation Infirmieres Bloc.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Occupation Infirmieres Hospit.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Occupation Infirmieres Obs.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Occupation Infirmieres Rea.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Occupation Lit Bloc.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Occupation Lit Hospit.Queue	75.9974	(Insufficient)	0.00	742.04
Occupation Lit Obs.Queue	11.2667	(Insufficient)	0.00	320.41
Occupation Lit Rea.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Occupation Lits Sauv.Queue	65.4391	(Insufficient)	0.00	518.97
Urgence Vital.Queue	6.4276	(Insufficient)	0.00	111.61

Fig. 4. Résultats statistiques relative aux files d'attente des patients

### 3.4 Résultats statistiques relative aux taux d'utilisation des ressources

Quelques résultats liés aux ressources sont résumés dans le tableau 1

Resource				
Usage				
Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
	Lit Hospit 5	0.8371	(Insufficient)	0.00
Lit Hospit 6	0.9036	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Hospit 7	0.7153	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Hospit 8	0.7567	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Hospit 9	0.5859	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Obs 1	0.5641	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Obs 10	0.4202	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Obs 2	0.6113	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Obs 3	0.6393	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Obs 4	0.5348	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Obs 5	0.4527	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Obs 6	0.5291	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Obs 7	0.4376	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Obs 8	0.4840	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Obs 9	0.5608	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Bloc 1	0.07716511	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Bloc 2	0.2028	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Bloc 3	0.2044	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Bloc 4	0.1906	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Bloc 5	0.1196	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Hospit 1	0.8058	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Hospit 10	0.8600	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Hospit 11	0.9208	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Hospit 12	0.8160	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Hospit 2	0.7487	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Hospit 3	0.8769	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Hospit 4	0.8369	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Rea 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Lit Rea 2	0.1993	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Rea 3	0.3086	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Rea 4	0.2864	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Rea 5	0.1641	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Rea 6	0.2171	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Rea 7	0.5161	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Rea 8	0.4979	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit Rea 9	0.1760	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit sauv 1	0.5604	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit sauv 2	0.5734	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit sauv 3	0.5452	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit sauv 4	0.5442	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lit sauv 5	0.5166	(Insufficient)	0.00	1.0000
Resource				
Usage				
Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
	Inf Bloc 1	0.1953	(Insufficient)	0.00
Inf Bloc 2	0.1836	(Insufficient)	0.00	1.0000
Inf Bloc 3	0.1584	(Insufficient)	0.00	1.0000
Inf Bloc 4	0.1376	(Insufficient)	0.00	1.0000
Inf Bloc 5	0.1196	(Insufficient)	0.00	1.0000
Inf Cns 1	0.02914887	(Insufficient)	0.00	1.0000
Inf Cns 2	0.04100364	(Insufficient)	0.00	1.0000
Inf Cns 3	0.03842252	(Insufficient)	0.00	1.0000
Inf Rea 1	0.00721440	(Insufficient)	0.00	1.0000
Inf Rea 2	0.00087011	(Insufficient)	0.00	1.0000
Inf Rea 3	0.00475125	(Insufficient)	0.00	1.0000
Inf Rea 4	0.00882521	(Insufficient)	0.00	1.0000
Inf Rea 5	0.00353771	(Insufficient)	0.00	1.0000
Infirmiere Cns	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Infirmiere Hospit 1	0.06636162	(Insufficient)	0.00	1.0000
Infirmiere Hospit 2	0.08221010	(Insufficient)	0.00	1.0000
Infirmiere Hospit 3	0.06978903	(Insufficient)	0.00	1.0000
Infirmiere Hospit 4	0.05252016	(Insufficient)	0.00	1.0000

Tableau 1. Résultats statistiques relative aux taux d'utilisation des ressources

En finalité et après l'analyse des différentes données quantitatives du rapport, nous pourrions conclure que les goulots d'étranglement qui affectent les performances au niveau de système étudié sont le nombre de lits, et la pénurie de certaines unités en personnel médical.

## 4 Conclusion

Cet article expose une approche de simulation à événements discrets d'un service d'urgence critique, en se focalisant sur les délais d'attente des patients dans le but de détecter des goulots d'étranglement dans le circuit patient. Nous avons remarqué des temps d'attente trop élevés, et des files d'attente encombrées, ainsi que des ressources qui ont atteint leur taux d'occupation maximale de 100% considérés comme des goulots d'étranglement du système.

Comme perspectives à ce travail, nous envisageons dans la suite, de tester le comportement du système de soins vis-à-vis de pics de demande de soins, dans le but de proposer des stratégies d'adaptation et de résilience, en minimisant l'appel à des ressources supplémentaires.

## 5 Références

- Abo-Hamad, W. and Arisha, A. (2013) 'Simulation-based framework to improve patient experience in an emergency department', *European Journal of Operational Research*, 224(1), pp. 154–166.
- Aziati, A.H.N. and Hamdan, N.S.B. (2018) 'Application Of Queuing Theory Model And Simulation To Patient Flow At The Outpatient Department'.
- Castanheira-Pinto, A. *et al.* (2021) 'Modeling, Assessment and Design of an Emergency Department of a Public Hospital through Discrete-Event Simulation', *Applied Sciences*, 11(2), p. 805.
- Cheaitou, I. *et al.* (no date) 'Modeling and simulation of patient flow at the emergency services: Case of Al-Zahraa Hospital University Medical Center in Lebanon'.
- Derni, O., Boufera, F., & Faycal Khelfi, M. (2019). Modeling and Optimizing Patients' Flows Inside Emergency Department based on the Simulation Model : A Case Study in an Algerian Hospital. *International Journal of Information Engineering and Electronic Business*, 11(4), 24-32.
- Hedges, J.R., Trout, A. and Magnusson, A.R. (2002) 'Satisfied Patients Exiting the Emergency Department (SPEED) Study', *Academic Emergency Medicine*, 9(1), pp. 15–21.
- Kakooei, S. (2022) 'Application of queuing theory and simulation to reduce waiting time in dental hospitals', *Journal of Oral Health and Oral Epidemiology*, 11(3), pp. 140–145.
- Kaushal, A. *et al.* (2015) 'Evaluation of fast-track strategies using agent-based simulation modeling to reduce waiting time in a hospital emergency department', *Socio-Economic Planning Sciences*, 50, pp. 18–31.
- Obenshain, M.K. (2004) 'Application of Data Mining Techniques to Healthcare Data', *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 25(8), pp. 690–695.
- Phang Yook Ngor, Masrom, S.N.F. and Rani, R.M. (2023) 'Simulating and Analysing Patients' Waiting Time in Outpatient Department at Public Clinic in Johor Using Arena Software', *Engineering, Agriculture, Science and Technology Journal (EAST-J)*, 2(1), pp. 65–74.
- Saghafian, S., Austin, G. and Traub, S.J. (2015) 'Operations research/management contributions to emergency department patient flow optimization: Review and research prospects', *IIE Transactions on Healthcare Systems Engineering*, 5(2), pp. 101–123.
- Sepehri, Z., Arabzad, S.M. and Sajadi, S.M. (2015) 'Analysing the performance of emergency department by simulation: the case of Sirjan Hospital', *International Journal of Services and Operations Management*, 20(3), p. 289.
- Wang, T. *et al.* (2009) 'Modelling and simulation of emergency services with ARIS and Arena. Case study: the emergency department of Saint Joseph and Saint Luc Hospital', *Production Planning & Control*, 20(6), pp. 484–495.
- Zeinali, F., Mahootchi, M. and Sepehri, M.M. (2015) 'Resource planning in the emergency departments: A simulation-based metamodeling approach', *Simulation Modelling Practice and Theory*, 53, pp. 123–138.