

Validation d'un modèle de simulation d'une urgence pour patients ambulatoires

DOMINIC VADEBONCOEUR¹, CHANTAL BARIL²

¹ UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES, DÉPARTEMENT DE GÉNIE INDUSTRIEL
3351 boulevard des Forges, Trois-Rivières (Québec), Canada G9A 5H7
dominic.vadeboncoeur@uqtr.ca

² UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES, DÉPARTEMENT DE GÉNIE INDUSTRIEL
3351 boulevard des Forges, Trois-Rivières (Québec), Canada G9A 5H7
chantal.baril@uqtr.ca

Résumé – La congestion dans les salles d'urgence est un problème largement répandu à travers le monde. Cet article porte sur l'étude, à l'aide de la simulation à événements discrets, du séjour des patients ambulatoires dans une urgence d'un centre de santé. Plus précisément, il sera question des étapes franchies pour en arriver à valider le modèle. Ce dernier a été construit en utilisant le logiciel *Arena* et il s'appuie sur des données tirées d'une étude de temps menée sur une semaine et certains temps estimés par les dirigeants de l'urgence. Pour en arriver à une durée moyenne de séjour (DMS) semblable à ce qui a été observé, il a fallu modéliser les tâches des médecins, des infirmières de salle et de l'adjointe administrative. La technique des observations instantanées a été utilisée pour connaître les tâches effectuées par le personnel ainsi que leur proportion dans un quart de travail. Cet article porte également sur la difficulté de simuler les décisions humaines telles que les patients qui quittent avant de voir le médecin et la gestion des priorités pour la première consultation avec le médecin.

Abstract – Emergency crowding is a widely spread problem in ED's around the world. This paper presents the study of ambulatory patients stay in an ED of a Healthcare facility. More precisely, we will discuss the steps to validate the simulation model. It has been built using *Arena* software and leans on data that was collected during one week at the ED and approximate durations of few processes given by the management. To reach an acceptable length of stay (LOS), the tasks of physicians, nurses and the secretary had to be simulated in the model. The work sampling technique was used to list all the tasks done by the emergency staff and their proportion in one work shift. The difficulty to simulate human decisions such as, patients who left the ED without being seen (LWBS) and the management of patients for the first consultation with the physician, is also discussed in this paper.

Mots clés – Salle d'urgence, simulation, ambulatoire, validation, congestion des urgences.

Keywords – Emergency Department, simulation, ambulatory, design of experiments, emergency crowding.

1 INTRODUCTION

La simulation à événements discrets est un outil puissant pour analyser le comportement dynamique des systèmes complexes. Elle permet de modéliser ces systèmes en considérant différentes contraintes comme le taux d'arrivée des entités, les pannes sur les machines, la planification des activités, le nombre de ressources (humaines et matérielles) et leurs horaires, et de prévoir l'impact des changements sur différentes mesures de performances comme le temps de passage ou le taux d'occupation des ressources.

Lors de la modélisation d'un processus manufacturier, les produits sont représentés par des entités et les machines, les convoyeurs et les opérateurs par des ressources. Les ressources effectuent une série de tâches (directes et indirectes) sur le

produit et lorsque ce cycle de production est terminé, la ressource débute le produit suivant. Le cycle de production est alors séquencé et cadencé et se répète d'un produit à un autre. La disponibilité de ces ressources est modélisée par des capacités fixes ou des horaires de travail considérant les pauses et les repas. L'hypothèse qui est souvent posée lors de la modélisation des systèmes manufacturiers est que les tâches indirectes sont négligeables et que lorsque les ressources sont disponibles, elles exécutent des tâches directes sur un produit. Cette hypothèse surestime souvent la capacité des systèmes de production. Cela peut causer de graves problèmes lorsque le système proposé est mis en œuvre et ne parvient pas à répondre aux attentes. Notre point de vue est qu'à défaut d'intégrer de manière adéquate certaines relations clés dans le modèle de simulation, il y a une différence entre la performance prévue par le modèle et celle

réellement atteinte dans la réalité. Cela est particulièrement vrai lors de la modélisation des systèmes de santé qui sont caractérisés par une forte implication humaine, tant au niveau des ressources (médecin, infirmières) qu'au niveau de l'entité (patient). Les ressources humaines, dans le secteur de la santé, sont exposées au multitâches et à de multiples interruptions. Par conséquent, lorsque la ressource a terminé avec un patient elle ne rencontre pas nécessairement le patient suivant. En effet, les tâches directes au patient sont souvent entrecoupées de tâches indirectes (écrire au dossier, discuter avec la famille, discuter avec un collègue, approvisionner les salles en matériel, consulter le dossier du prochain patient, etc.) et ne sont pas, par le fait même, effectuées dans un cycle de production séquencé et cadencé. À la différence du secteur manufacturier, les ressources dans les systèmes de santé ont une liberté professionnelle qui leur permet de décider des tâches à effectuer et dans quel ordre elles doivent être réalisées.

Le but des modèles de simulation est de fournir aux décideurs des informations quantitatives des options envisagées sur la performance du système modélisé. Il faut inévitablement que les décideurs aient confiance dans les résultats du modèle. En fait, ils ont besoin de savoir avec quelle précision le modèle prédit les résultats escomptés pour pouvoir tenir compte de cette information au moment de décider comment utiliser les résultats du modèle.

La validation est un ensemble de méthodes pour juger de la précision d'un modèle à faire des prévisions pertinentes. Eddy et al. [2012] recommande de valider un modèle de simulation selon les quatre critères suivants:

- La rigueur du processus de modélisation ;
- Les sources de données utilisées dans le modèle de simulation ;
- La capacité de modèle à simuler les sources de données à un niveau de détail approprié ;
- La concordance entre les résultats simulés et les résultats observés : initialement et après avoir fait des hypothèses justifiables sur les éléments incertains.

Cet article démontre comment les particularités des systèmes de santé (multitâche du personnel, liberté professionnelle) impactent sur le développement d'un modèle de simulation à événement discrets. Nous démontrons que si ces particularités ne sont pas prises en compte elles influencent grandement la capacité du modèle à reproduire les systèmes réels (validité) et par le fait même les mesures de performance attendues par les options d'amélioration envisagées par les gestionnaires. Nous présentons une approche pour modéliser le multitâche. Notre approche est basée sur l'étude des tâches par la méthode des observations instantanées et a été appliquée lors du développement d'un modèle de simulation d'une urgence d'un centre hospitalier.

2 REVUE DE LITTÉRATURE

2.1 *Simulation à événements discrets dans les services de santé*

La simulation à événements discrets est de plus en plus utilisée dans différents domaines des services de la santé [Aaby et al., 2006; Katsaliaki et Brailsford, 2007; Hagtvedt et al., 2009; Griffiths et al., 2010; Paul et al., 2010]. D'ailleurs, une revue de la littérature sur l'utilisation de la simulation dans les services de santé est présentée par Katsaliaki et Mustafee [2011].

La majorité des modèles de simulation présentés dans la littérature en santé reproduisent des systèmes réels comme des cliniques d'orthopédie, des urgences, des blocs opératoires [Klassen et Yoogalingam, 2009; Santibanez et al., 2009; Rohleder et al., 2011; White et al., 2011; Wijewickrama et al., 2012; Saremi et al., 2013]. Ils sont utilisés pour étudier les interactions entre plusieurs composantes du modèle (règles de planification, nombre de ressources, règles de priorité, etc.). Pour en tirer des conclusions valides, ces modèles doivent correspondre à la réalité du système étudié.

La littérature démontre que la plupart de ces modèles de simulation représentent des processus impliquant des ressources médicales (médecin et/ou médecin résident) et peu, les autres ressources comme les infirmières ou des techniciens. Rohleder et al. [2011] rapporte que leur modèle, représentant une clinique d'orthopédie, sous-estime le temps d'attente des patients, car ils ont présumé que les médecins sont toujours disponibles pour rencontrer un patient lorsqu'ils ne sont pas occupés avec un autre patient. En pratique, les médecins sont appelés à faire des tâches indirectes entre deux patients (comme écrire des notes au dossier), ce qui limite leur disponibilité. Les auteurs mentionnent aussi que les techniciens en radiologie passent peu de temps avec les patients et qu'ils réalisent d'autres tâches indirectes. Ils n'indiquent pas comment ces tâches indirectes ont été prises en compte dans le modèle de simulation. Ils considèrent tout de même leur modèle valide. Lim et al. [2013] ont jugé nécessaire de considérer les interactions entre les médecins et les résidents, car ces échanges réduisent la disponibilité du médecin. Ils présentent une approche où les médecins et leurs résidents sont modélisés comme des pseudo-agents interactifs dans un modèle de simulation à événements discrets et la comparent avec l'approche sans ces interactions. Les interactions entre les médecins et les résidents sont en fait des tâches indirectes qui consomment du temps et qui, si elles ne sont pas considérées dans le modèle, faussent les temps de passage des patients (les ressources étant considérées toujours disponibles pour les tâches directes) et les taux d'occupation réels des ressources. Les résultats de Lim et al. [2013], démontrent que le taux d'occupation des médecins augmente de 23% à 41% lorsque les interactions sont modélisées. En effet, si seules les tâches directes aux patients sont modélisées, les résultats montrent un taux d'occupation des médecins de 23%. L'ajout d'une seule tâche (interaction entre médecin et délégué) fait évidemment grimper la proportion de temps occupé à 41%.

La littérature démontre que si les tâches indirectes peuvent limiter la disponibilité des ressources et ainsi avoir un impact sur le temps d'attente des patients, il faut nécessairement les considérer pour obtenir un modèle valide.

2.2 Étude des tâches indirectes pour les professionnels de la santé

Chisholm et al., [2004] et Hollingsworth et al., [1998] ont étudié les tâches des médecins résidents et des infirmières dans les urgences et ils ont démontré que 31% du temps des infirmières était consacré au patient et 69% à des tâches indirectes et aux activités personnelles. Pour les résidents, 32% de leur temps était consacré au patient et 68% à des tâches indirectes et aux activités personnelles. Ces études démontrent, dans le contexte des urgences, l'importance des tâches indirectes par rapport aux tâches directes.

Plus récemment, Westbrook et al. [2011] ont quantifié comment les infirmières répartissent leurs tâches entre les patients, les tâches individuelles et les tâches avec d'autres professionnels de la santé, et comment cette répartition a changé sur une période de deux ans. La méthode Work Observation Method by Activity Timing (WOMBAT) a été utilisée. Ils ont trouvé que les infirmières ont passé environ un tiers de leur temps avec les patients et que cela n'a pas changé au fil du temps. Cependant, une proportion de ce temps concerne la prestation de soins directs aux patients qui lui a considérablement augmenté de 20% à 25% (année 2). Furaker [2009] a étudié le journal de bord de 30 infirmières dans un hôpital suédois et a trouvé qu'environ 38% du temps du personnel infirmier est passé avec les patients. Dans une étude réalisée sur plusieurs unités de soins aux États-Unis, Hendrich et al. [2008] ont mesuré qu'en moyenne, 19,3% du temps des infirmières (environ 81 minutes par quart de travail) est passé avec les patients.

Pour modéliser les tâches indirectes, certains chercheurs se sont tournés vers la modélisation par agent. L'utilisation de la modélisation par agent est assez récente dans le secteur de la santé [Siebers et al., 2010; Taboada et al., 2011; Wang, 2009; Michel et al., 2009; Jones et Evans, 2008]. Les agents peuvent représenter les personnes, les services et l'environnement dans lequel ils opèrent et sont régis par un ensemble d'objectifs et de comportements. Les agents sont en mesure de prendre des décisions autonomes, d'interagir les uns avec les autres et ont un comportement proactif en fonction de leurs objectifs personnels. Le but est de modéliser le niveau individuel (chaque agent) et d'observer le comportement émergent (l'ensemble des agents). La simulation par agents est plus difficile à mettre en œuvre parce que ce type de modélisation est basé sur des théories ou des données subjectives (ex. : avis d'experts) et les logiciels sont peu conviviaux pour ceux qui ne sont pas des programmeurs experts. Pour modéliser une urgence ou une clinique ambulatoire, ce type de simulation est limité, car il n'utilise pas la notion de files d'attente et de flux [Siebers et al., 2010].

Nous proposons, dans cet article, une approche pour considérer les tâches indirectes dans un modèle de simulation à événements discrets afin que ce dernier représente mieux la réalité. Pour cela, une étude des tâches des infirmières, du médecin et de l'agente administrative à l'inscription a été effectuée par la méthode des observations instantanées. La méthode des observations instantanées est une technique basée sur les statistiques élémentaires. Elle est utilisée dans l'industrie manufacturière pour mesurer les performances des machines ou du personnel [Urden et Roode, 1997; Jenkins et Orth, 2004; Hodgkin et al.,

2012]. L'objectif visé par cette méthode est de déterminer la fréquence d'apparition d'un phénomène (dans notre cas, ce sont les tâches des infirmières, du médecin et de l'agente administrative) par des observations espacées dans le temps de façon aléatoire. L'avantage de cette méthode est qu'il est possible d'observer plusieurs personnes en même temps et donc de faire plusieurs observations à une période donnée.

Nous croyons que notre approche de modélisation pourrait s'appliquer à tout développement de modèle de simulation à événements discrets dans lesquels les ressources ont une certaine liberté professionnelle et dont la proportion des tâches indirectes est élevée. Notre approche a été appliquée lors du développement d'un modèle de simulation à événements discrets pour représenter le processus suivi par des patients ambulants dans une urgence.

3 CONTEXTE ET MÉTHODOLOGIE

3.1 Problématiques rencontrées à l'urgence

Le plus grand problème que vit l'urgence à l'heure actuelle est que l'attente des patients ambulatoire ne cesse d'augmenter, ce qui cause des maux de tête à l'administration. De plus, le nombre de plaintes provenant des patients qui ont séjourné à l'urgence a pour sa part augmenté de 47%. Finalement, ces facteurs causent un certain malaise pour tous ceux impliqués de près ou de loin à l'urgence.

3.2 Objectif de l'étude

Suite à ce constat, la direction a pris la décision d'étudier les activités à l'urgence ambulatoire dans le but de réduire les délais d'attente. Afin de cerner les meilleures possibilités d'amélioration des services, nous proposons une étude à l'aide de la simulation à événements discrets. Cela permettra de tester une grande variété de facteurs sans avoir à changer quoi que ce soit aux installations actuelles. Finalement, ce modèle sera présenté à la direction pour les éclairer sur les décisions à prendre pour améliorer les délais d'attente.

3.3 Collecte de données

La cartographie décrivant les trajectoires du patient constitue une bonne base pour développer le modèle de simulation. La cartographie est présentée à la figure 1.

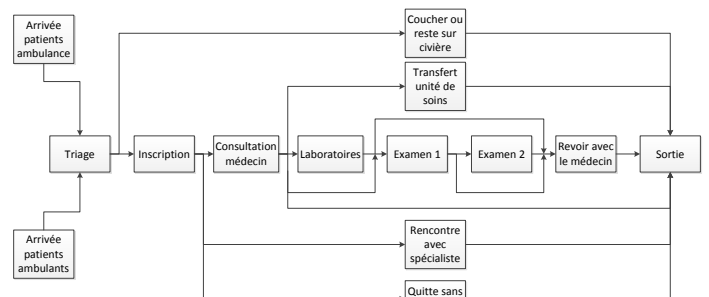


Figure 1. Cartographie des trajectoires des patients ambulants

La collecte de données s'est déroulée sur une semaine du mois de février 2014. Au total, des données ont été collectées pour

1035 patients. Les patients arrivent à l'urgence en ambulance ou par leurs propres moyens (ambulants). Au triage, une priorité est donnée au patient selon l'échelle canadienne de triage et de gravité (ÉTG) et selon leur état, certains patients sont couchés sur civière. Cette échelle suggère un temps d'attente maximal avant la prise en charge par le médecin et la probabilité de succès attendue aussi appelée la réponse fractile. Ces données sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1. Temps d'attente maximal et probabilité de succès par niveau de triage selon l'ÉTG

Priorité	Temps d'attente maximal (min)	Pourcentage de succès (%)
P1	0	98
P2	15	95
P3	30	90
P4	60	85
P5	120	80

Le tableau 2, quant à lui, décrit la condition du patient qui l'amène à être trié selon les 5 niveaux possibles par l'infirmière au triage.

Tableau 2. Description de la condition des patients selon leur niveau de triage

Priorité	Condition	Description
P1	Besoin d'être réanimé	Conditions menaçantes pour la vie ou survie d'un membre
P2	Très urgent	Conditions potentiellement menaçantes pour la vie si l'état du patient s'aggravait
P3	Urgent	Conditions pouvant s'aggraver jusqu'à requérir une intervention urgente spécifique
P4	Moins urgent	Conditions qui en relation avec certains facteurs (âge du patient, niveau de détresse, etc.) peuvent nécessiter une intervention ou des conseils
P5	Non urgent	Conditions aiguës, mais non urgentes dont l'investigation peut être retardée ou même référée à d'autres secteurs de l'hôpital ou du réseau de soins.

Suite au triage, les patients qui ne sont pas couchés sur civière passent à l'inscription et attendent leur consultation avec le médecin ou le spécialiste. À ces patients, s'ajoute un certain nombre de personne arrivant en ambulance et qui, suite au triage, est dirigé vers l'urgence ambulatoire, car leur condition leur permet de se déplacer par eux-mêmes. Dans la salle d'attente, une certaine proportion de ces patients va quitter avant la première consultation avec le médecin. Ce phénomène est souvent associé à une urgence qui congestionne. [Rowe et al. 2006].

Après la rencontre avec le médecin, plusieurs trajectoires sont possibles. Certains patients seront admis sur les unités de soins, d'autres seront renvoyés à la maison et une bonne majorité d'entre eux auront des examens à passer ou des prises de sang à faire. Selon le dernier cas, un revoir avec le médecin sera nécessaire pour recevoir les résultats et finaliser le soin. Le

nombre et la répartition des patients selon les trajectoires à l'urgence observés durant la semaine de prise de données, sont présentés au tableau 3.

Tableau 3. Répartition des patients selon les trajectoires

Trajectoires	Nombre de patients	Pourcentage
Triage-Civière	395	38.2%
Triage-Inscription-Sortie	157	15.2%
Triage-Inscription-Consultation-Examen1-Revoir-Sortie	123	11.9%
Triage-Inscription-Consultation-Sortie	122	11.8%
Triage-Inscription-Consultation-Admission	77	7.4%
Triage-Inscription-Consultation-Laboratoire-Revoir-Sortie	62	6.0%
Triage-Inscription-Consultation-Laboratoire-Examen1-Revoir-Sortie	53	5.0%
Triage-Inscription-Spécialiste	28	2.7%
Triage-Inscription-Consultation-Examen1-Examen2-Revoir-Sortie	9	0.9%
Triage-Inscription-Consultation-Laboratoire-Examen1-Examen2-Revoir-Sortie	9	0.9%
Total	1035	100%

Toujours durant cette même semaine, les temps de passage des patients à chaque étape de l'urgence ont permis d'établir quelle était la valeur actuelle des principaux indicateurs de performance. Ces données serviront de base comparatrice avec le modèle de simulation pour le valider. Ces indicateurs sont présentés au tableau 4.

Tableau 4. Indicateurs pour les patients ambulants

Indicateurs	Valeur
Temps moyen de prise en charge (PEC)	4.64 h
Nombre de patients pris en charge	483 patients
Durée moyenne de séjour des patients à l'urgence secteur ambulatoire	7.17 h
Nombre de patients qui quittent le centre hospitalier après avoir reçu des soins à l'urgence secteur ambulatoire sans avoir été hospitalisés	398 patients

3.4 Étude du travail des infirmières, du médecin et de l'agente administrative

L'étude du travail par la méthode des observations instantanées consiste à observer, de façon aléatoire si le travail est cyclique, le travail d'un groupe de personne (c.-à-d. infirmières, médecin et agente administrative) et de noter la tâche qu'ils sont en train de faire. Puisque le travail du personnel de l'urgence n'est pas cyclique, une observation a été effectuée pour chacune des personnes toutes les 5 minutes. La durée réelle d'une tâche n'est pas notée directement. Par contre, il est possible d'avoir une estimation du temps passé à faire chacune des tâches. Par exemple si la tâche 1 a été observée 15 fois sur un total de 100 observations alors on peut estimer que l'infirmière passe 72 minutes par jour à exécuter cette tâche (480 minutes/jour X 15/100). La validité des données recueillies est assurée par un nombre assez grand d'observations qui va refléter la réalité du

travail fait assujetti à une marge d'erreur. Pour un seuil de confiance de 95% et une précision de 5%, il faut prendre 400 observations (BIT). L'étude a été réalisée sur 4 jours donc près de 1200 observations par poste de travail ont été prises, ce qui assure la validité de l'étude.

La méthode des observations instantanées est utile pour identifier les tâches directes et indirectes. Dans notre cas, les tâches directes correspondent à des tâches effectuées directement auprès des patients et les tâches indirectes coïncident avec toutes autres tâches (écrire des notes au dossier, répondre au téléphone, discussions professionnelles, etc.)

Les trois prochains tableaux (5 à 7) présentent la répartition des tâches pour les infirmières des salles, le médecin en ambulatoire et l'agente administrative.

Tableau 5. Répartition des tâches pour les infirmières des salles

Tâches infirmières	Pourcentage
Attente	16%
Pause formelle et informelle	16%
Classement/paperasse	13%
Soins au patient	12%
Déplacement/Transport	8%
Saisie/consultation informatique	7%
Discussion professionnelle	5%
Recherche information	5%
Absence	4%
Appel patient	3%
Rangement/Nettoyage	3%
Note au dossier/ordonnance	3%
Discussion téléphonique	2%
Collecte information/évaluation	1%
Préparation matériel/salle	1%
Recherche outils/matériel	1%

Les observations recueillies indiquent que les infirmières passent 12% de leur temps à faire des tâches directement reliées aux patients (soins aux patients) et 56% à faire des tâches indirectes. Nous remarquons aussi que seulement 16% du temps au travail est consacré aux pauses formelles et informelles et 16% à attendre.

Tableau 6. Répartition des tâches pour le médecin de l'ambulatoire

Tâches médecin	Pourcentage
Soins au patient	31%
Notes au dossier / ordonnances	23%
Discussion professionnelle	12%
Absence	8%
Discussion téléphonique	6%
Saisie/consultation informatique	6%
Pause formelle	4%
Évaluation	3%
Déplacement / transport	2%
Recherche d'information	2%
Attente	2%
Autre	1%

Pour ce qui est du médecin, 34% de son temps est dédié spécifiquement au patient (soins et évaluation) et 62% est

accordé aux tâches indirectes. Leur temps de pause est limité et se chiffre à 4% de leur temps total soit environ 20 minutes par quart de travail.

Tableau 7. Répartition des tâches pour l'adjointe administrative

Tâches adjointe administrative	Pourcentage
Attente	28%
Saisie / consultation informatique	22%
Collecte d'information / évaluation	20%
Classement / paperasse	10%
Déplacement/Transport	6%
Pause informelle	5%
Autre	3%
Assistance aux spécialistes	3%
Absence	2%
Discussion téléphonique	1%

Pour l'adjointe administrative, on remarque qu'elle passe une partie considérable de son temps à attendre, soit 28%. Le temps qu'elle passe en compagnie du patient s'élève à 45% (saisie informatique, évaluation, aide aux spécialistes). Les tâches indirectes occupent 27% de son temps.

Cette étude nous permet de constater que les tâches indirectes dans le travail du personnel de l'urgence représentent un temps non négligeable dans une journée de travail d'où la nécessité de développer de méthodes de modélisation par simulation qui prennent en considération ces tâches. Sinon, le modèle sera pratiquement toujours trop performant.

3.5 Conception du modèle de simulation à événements discrets

Le modèle a été développé avec le logiciel ARENA [Kelton, 2007]. Les entités dans le modèle de simulation représentent les patients. Le taux d'arrivée à l'heure des patients à l'urgence a été déterminé à partir des heures réelles d'arrivée de ceux-ci. La répartition des patients selon les différentes trajectoires a été modélisée avec des modules DECIDE, selon les pourcentages présentés au tableau 3.

Le modèle a été développé en utilisant les distributions statistiques des temps des étapes de la trajectoire obtenus à partir des données amassées dans le système informatique et à partir d'un échantillon des dossiers (tableau 8). Certaines données ont dû être estimées avec l'aide du personnel de l'urgence. Pour chaque étape, nous mentionnons si le temps a été estimé ou observé à partir de données réelles.

Tableau 8. Distributions statistiques du modèle

Étape	Distribution	Source
Triage	LOGN (5.74, 3.816) min	observé
Inscription	TRIA (3, 5, 10) min	estimé
Attente avant PEC par spécialiste	2,08 h	observé
Consultation avec le spécialiste	1,05 h	observé
Consignes de l'infirmière avant la première consultation	TRIA (30, 45, 60) s	estimé
Consultation	TRIA (5, 7, 15) min	estimé
Attente avant de quitter sans avoir vu le médecin	21 * BETA (0.731, 2.37) h	observé
Attente maximale d'un patient avant de quitter sans avoir vu le médecin	15 h	estimé
Laboratoire de jour	LOGN (1.64, 1.52) h	observé
Laboratoire (soir et nuit)	TRIA (5, 10, 15) min	estimé
Examen avec radiologiste (ex. : échographie rénale)	TRIA (2, 2.5, 3) h	estimé
Examen sans radiologiste (ex. : radiographie des poumons)	TRIA (10, 15, 25) min	estimé
Consignes de l'infirmière avant le revoir du patient	TRIA (30, 40, 50) s	estimé
Revoir un patient	TRIA (3, 5, 8) min	estimé

Un bon nombre d'hypothèses doivent être posées afin de modéliser les activités de l'urgence. Certaines se veulent très représentatives de ce qui se passe sur le terrain tandis que d'autres, pour des raisons techniques de simulation, sont assez différentes de la réalité. Par exemple, le comportement humain lors du traitement des priorités en première consultation ne se gère tout simplement pas comme le ferait un être humain. Ce dernier pourrait contourner la règle de priorité en analysant les conséquences du contournement. Les logiciels de simulation ne permettent pas facilement de recréer ce genre de logique ce qui constitue une limite de notre modèle à représenter la réalité.

Certaines hypothèses ont un faible impact sur le modèle, c'est-à-dire qu'ils affectent très peu les indicateurs que l'on cherche à mesurer dans notre modèle, tel que la durée moyenne de séjour, le temps de prise en charge, le nombre de patients qui quittent sans voir le médecin, etc. Par contre, certaines hypothèses sont critiques et si elles n'apparaissent pas dans la simulation, il serait impossible d'en arriver à un modèle valide. Selon le tableau 9, les hypothèses ayant un impact allant de moyen à élevé sont les plus susceptibles de créer des écarts entre les valeurs observés et les valeurs recueillies par simulation.

3.6 Modélisation des tâches du personnel avec ARENA

Notre modèle de simulation comporte deux parties : la modélisation des patients et des étapes qu'ils traversent selon les trajectoires de la cartographie (figure 1) et la modélisation des tâches pour le personnel de l'urgence. À titre d'exemple, la figure 2 présente la modélisation des tâches du médecin dans le logiciel ARENA.

Tableau 9. Hypothèses et impact sur la précision du modèle

Hypothèses	Modèle	Réalité	Impact
Les patients sont servis selon la règle FIFO au triage	oui	non	faible
Pas d'inscription pour les patients arrivant en ambulance	oui	oui	faible
Tous les patients triés P1 sont directement couchés sur civière	oui	oui	faible
Les infirmières, le médecin et l'adjointe administrative doivent effectuer des tâches les empêchant d'être toujours dédiés aux patients	oui	oui	élevé
Le médecin au recouvrement est dédié aux patients. (Pas de tâches)	oui	non	faible
Les patients sont appelés en consultation selon leur code de triage	oui	non	moyen
Les premières consultations se font seulement dans les salles B2 à E5. Même règle pour les revoirs	oui	Oui sauf si cas de spécialité	faible
Les consignes que l'infirmière donne au patient avant la première consultation durent 45 secondes et il n'y a pas de perte de temps à ce niveau	oui	non	faible
Les infirmières n'accompagnent pas le médecin dans les salles	oui	parfois	faible
Les patients n'attendent jamais plus de 15 heures après l'inscription pour la première consultation. Si c'est le cas, ils quittent.	oui	non	moyen
Des patients ambulatoires, entre 12 et 45% sont dit impatients et vont quitter s'ils n'ont pas été servis avant un certain délai allant de 0,01 h à 17 h. Les patients restants attendent au maximum 15 heures	oui	non	moyen
33% des patients passent des laboratoires (échantillonnage)	oui	non	faible
50% des patients ayant eu des laboratoires auront des examens (échantillonnage)	oui	non	faible
29% des examens 1 doivent être interprétés par un radiologiste. 60% pour les examens 2.	oui	oui	faible
Si un patient passe 2 examens qui doivent être interprétés par un radiologiste, il les passe en même temps. Donc une seule attente pour les résultats.	oui	parfois	faible
L'appel de patients pour les revoirs est aussi prioritaire que celui des premières consultations	oui	non	faible
L'appel du patient pour le revoir dure 40 secondes.	oui	oui	faible
Le médecin se rend en priorité voir les patients pour un revoir.	oui	oui	moyen
À la suite du revoir, tous les patients sortent du système.	oui	non	faible
Si un patient est hospitalisé, il le sera uniquement après la première consultation.	oui	non	faible

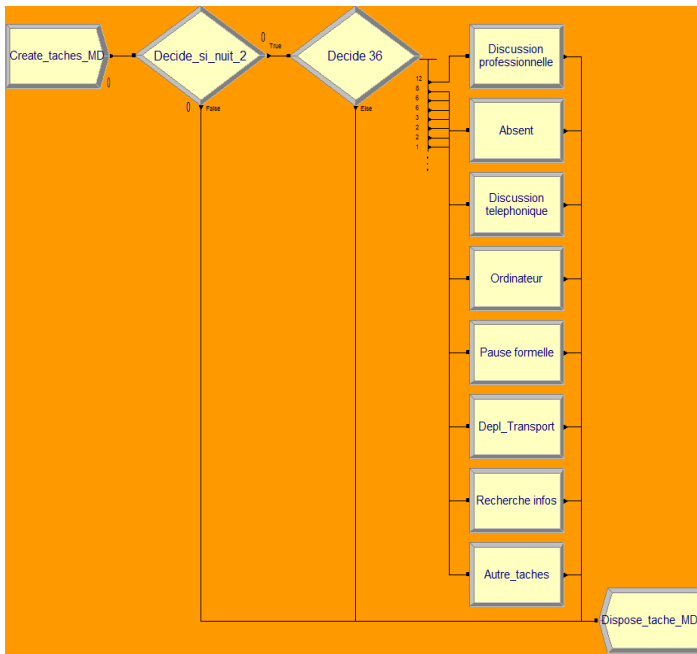


Figure 2. Modélisation dans ARENA des tâches du médecin

Pour modéliser les tâches de ce dernier, nous avons créé un horaire d'arrivée des tâches (module CREATE dans la figure 2) avec un taux moyen de 12 à l'heure durant 16 heures (afin de couvrir les quarts de travail de jour et de soir, car la nuit il n'y a pas de médecin en ambulatoire) pour un total de 192 tâches par jour. Ces dernières sont réparties dans le module DECIDE selon les proportions calculées dans le tableau 10. Dans ce module on détruit 57% des entités qui sont créées, car les tâches directes sont déjà simulées dans le modèle de l'urgence. Les tâches indirectes qui survivent ont toutes une durée de 5 minutes ce qui occupe le médecin durant 415 minutes environ. Ces tâches indirectes à réaliser sont de la même importance que les soins aux patients.

La seule différence qu'il y a avec la réalité c'est que les tâches créées à partir de ces modules ne sont pas séquencées dans le temps. Par contre, elles occupent le médecin dans une même proportion de temps que la réalité ce qui est l'objectif visé. Le but n'est pas d'avoir la séquence parfaite des actions du médecin, mais de savoir la proportion de son temps de travail passée à faire des tâches indirectes pour ne pas que l'urgence simulée soit trop performante par rapport à la réalité.

3.7 Résultats de la simulation

Pour vérifier et valider notre modèle nous avons comparé les résultats obtenus par simulation et ceux observés lors de la collecte de données, et ce pour différents indicateurs clés de notre système. Le tableau 10 présente les résultats obtenus.

Les écarts absolus entre les valeurs observées et simulées vont de 2 à 21% selon l'indicateur choisi. On voit que même si les tâches indirectes sont incluses dans le modèle il reste quelque peu de causes de variation avec la réalité.

Tableau 10. Résultats obtenus avec le modèle de simulation complet

Temps de passage	Observé (h)	Écart-type observé	Simulé (h)	Écart-type simulé	Écart absolu (%)
Délai de prise en charge	4.64	4.50	4.79	3.77	3%
DMS	7.04	6.37	7.17	4.66	2%
Nombre de patients	Observé	Simulé		Écart absolu (%)	
Qui quittent sans avoir vu le médecin	157	190		21%	
Pris en charge (vu en première consultation)	483	460		5%	
Soignés en ambulatoire	398	386		3%	

3.8 Horizon de simulation

Puisque les activités de l'urgence sont réalisées dans un horizon infini (24h), il est nécessaire d'évaluer une période de réchauffement. Cette période a été fixée à 350 heures, car c'est à partir de ce temps que l'on observe une stabilisation des indicateurs (DMS, temps de PEC). Le temps d'exécution du modèle a été fixé à 518 heures permettant de récolter des données sur une période d'une semaine ce qui correspond exactement à la durée de la collecte de données servant de base au modèle. Finalement, un total de 30 réplifications est réalisé pour obtenir un bon intervalle de confiance.

4 DISCUSSION

4.1 Impact de la modélisation des tâches sur les résultats

Le tableau 11 présente les résultats du modèle de simulation utilisée dans cette étude auquel on a retiré les tâches indirectes du personnel (infirmières de salles, médecin et agente administrative). Les écarts importants qu'on y trouve démontrent que sans les tâches, notre modèle ne serait pas valide. Ce faisant, les recommandations qui découleraient de l'analyse ce modèle serait fort probablement erronées.

Tableau 11. Écarts entre les indicateurs lorsque la simulation s'effectue sans les tâches du personnel

Temps de passage	Observé (h)	Simulé sans tâches (h)	Écart absolu (%)
Délai de prise en charge	4.64	1.22	74%
DMS	7.17	2.73	62%
Nombre de patients	Observé	Simulé sans tâches	Écart absolu (%)
Qui quittent sans avoir vu le médecin	157	17	89%
Pris en charge	483	626	30%
Soignés en ambulatoire	398	525	32%

4.2 Causes de variabilité entre les résultats simulés et observés

Dans un premier temps, les temps estimés à différentes étapes du processus peuvent affecter les résultats. Le fait d'avoir des estimations de temps pour des processus névralgiques à l'urgence tel qu'à la première rencontre ou le revoir apporte une cause importante de variabilité. Des essais ont aussi prouvé que ces temps affectent beaucoup les indicateurs de performance (DMS, temps PEC). D'un autre côté, d'autres temps estimés tels que le temps d'inscription et l'appel du patient influencent très peu les résultats. Bien que la présence de temps estimés dans notre modèle de simulation soit moins souhaitable que des temps observés, le fait de pouvoir en arriver à des indicateurs qui s'approchent de la réalité fait en sorte que la validité du modèle n'est pas remise en cause. Les temps ont été estimés par le personnel de l'urgence et ce dernier est confiant qu'ils sont représentatifs de la réalité.

Certaines hypothèses posées pour la simulation sont également des causes de variation. Bien que plusieurs d'entre elles soit le reflet de ce qui se passe en réalité, d'autres hypothèses doivent être posés pour des raisons pratiques ou simplement que la simulation du réel est beaucoup trop complexe et doit être simplifié. En fait, dans le tableau 9 toutes les hypothèses qui ne sont pas présentes en réalités sont de causes de variation de notre modèle de simulation.

4.3 La gestion des priorités lors de l'appel des patients pour la première consultation

Une des difficultés rencontrées dans ce projet a été de bien reproduire la gestion des priorités par l'infirmière des salles lors de l'appel des patients en première consultation. Il faut savoir que l'infirmière a le droit de regard sur le prochain patient à appeler et si, par exemple, un patient P5 attend depuis quelques heures et qu'un patient de niveau P3 vient d'arriver il se peut qu'elle décide d'appeler le P5 avant le P3. Selon l'ÉTG, (tableau 1) un patient P3 peut attendre jusqu'à 30 minutes avant de voir un médecin et son état n'est pas considéré comme très urgent. Donc pour améliorer les statistiques de prise en charge et de durée moyenne de séjour ou par compassion pour les patients qui attendent depuis longtemps elle peut être tentée de passer le patient P5 avant le P3. Ce dernier pourra être vu tout de suite après le patient de priorité 5 et respectera les délais établis par l'ÉTG.

Cette sorte de gestion des priorités est très difficile à recréer dans un modèle de simulation. C'est pourquoi il a été décidé d'établir une seule et unique règle qui est celle du plus petit attribut, c'est-à-dire, que les patients ayant la priorité la plus petite auront priorité sur les autres patients. Cette décision a pour conséquence de gonfler les indicateurs de performance du modèle, car aucune décision n'est prise pour les améliorer. De plus, les patients de niveau 5 sont beaucoup plus nombreux à quitter sans voir le médecin. Durant la semaine d'observation, ils représentaient 19% des patients qui avaient quitté sans voir le médecin et dans la simulation ils représentent maintenant 56% des patients.

En conclusion, la différence dans la gestion des priorités fait en sorte que les patients P5 attendent beaucoup plus longtemps que

dans la réalité et, ce faisant, ils sont beaucoup plus à quitter sans avoir vu le médecin.

4.4 La gestion des patients qui quittent l'urgence sans voir le médecin

Une autre difficulté rencontrée lors de la modélisation est sans aucun doute la gestion des patients qui quittent sans voir vu le médecin. Cette décision ne peut pas faire l'objet d'une seule règle définie. Elle dépend plutôt d'un tas de facteurs humains tels que le niveau de patience des gens, le niveau d'occupation de la salle d'attente, etc. [Rowe et al. 2006] Par exemple, si le modèle ne retire pas assez de patients, les indicateurs seront à la hausse, car ceux qui attendront très longtemps finiront par être vus par le médecin. Si ces patients avaient quitté ils n'auraient pas été comptabilisés ni dans le temps de prise en charge et ni dans la durée moyenne de séjour.

La base de données nous informe qu'entre 12 et 45% des patients, selon la journée, ont quitté avant la prise en charge. De plus, le temps à l'urgence est aussi connu, car à leur départ, les patients avertissent l'adjointe administrative la plupart du temps. La façon de simuler cette décision prise par le patient est de faire attendre des copies des entités dans notre modèle selon la distribution du tableau 5. Si après cette attente la copie se retrouve dans la salle d'attente elle se retire et le patient quitte le modèle.

Le problème avec cette façon de faire est que la proportion restante de patients (entre 55 et 88%) est condamnée à rester dans la salle d'attente, et ce, peu importe depuis combien de temps ils attendent pour voir le médecin ce qui n'est pas représentatif de la réalité. Les indicateurs de performances se trouvent à être biaisés et il devient alors très difficile d'obtenir un modèle valide. Par exemple, dans cet état, si on effectue une simulation un patient aura attendu un total de 433 heures avant sa prise en charge ce qui est complètement absurde. Il faut aussi mentionner que le fait de ne pas avoir une gestion humaine des priorités augmente les chances d'avoir de telles aberrations.

Pour contrer cet effet, nous avons posé l'hypothèse que la proportion restante de patients (entre 55 et 88%) attendra 15 heures et si elle n'a pas été prise en charge elle quittera l'urgence. Cela permet de limiter les aberrations et d'obtenir des résultats qui cadrent beaucoup plus avec la réalité. Le tableau 12 présente les résultats de simulation avec et sans la limite d'attente de 15 heures.

À la lumière des résultats, il apparaît évident qu'il faut inclure dans le modèle une limite d'attente des patients. Dans ce cas-ci, la limite de 15 heures a été fixée par l'analyse des quartiles. On sait qu'avec cette valeur on couvre plus de 95% du temps d'attente réel des patients.

Tableau 12. Indicateur de l'urgence avec et sans la limite d'attente de 15 heures

Temps de passage	Observé	Simulé sans limites d'attente	Écart absolu	Simulé avec limite d'attente de 15 heures	Écart absolu
Délai de prise en charge moyen	4.64 h	9.29 h	100%	4.79 h	3%
Délai de prise en charge maximal	26.64 h	433.50 h	1527%	23.95 h	10%
DMS moyenne	7.17 h	11.37 h	59%	7.17 h	0%
DMS maximal	28.57 h	437.81 h	1432%	33.44 h	17%
Nombre de patients	Observé	Simulé sans limites d'attente	Écart absolu (%)	Simulé avec limite d'attente de 15 heures	Écart absolu (%)
Qui quittent sans avoir vu le médecin	157	105	33%	190	21%

5 CONCLUSION

En conclusion, la modélisation des processus en santé est différente de celle en milieu manufacturier en ce qui a trait à l'importance de modéliser les tâches des employés. En milieu industriel, ces derniers sont dédiés aux tâches à effectuer sur le produit comme dans le cas d'une ligne de production. Cela fait en sorte qu'il est possible de modéliser seulement les opérations que les employés font sur le produit sans avoir un modèle qui est trop performant par rapport à la réalité. En santé, le contexte est différent et il est important d'avoir un aperçu des tâches que fait le personnel pour valider le modèle de simulation.

Dans l'étude du cas de cette urgence, 43% du temps de travail du médecin est dédié à des tâches indirectes, pour l'infirmière on parle plutôt de 56%. Il est donc important d'occuper les ressources infirmières et le médecin de notre modèle de simulation à autre chose que le soin au patient durant ce temps. C'est là qu'entre en ligne de compte la modélisation des tâches et son importance a été prouvée dans ce papier avec la différence entre les durées moyennes de séjour lorsque les tâches étaient simulées et lorsqu'elles ne l'étaient pas.

La simulation des prises de décision humaine, que ce soit lorsque vient le temps de quitter avant de voir le médecin ou de gérer les priorités pour la première consultation, est encore un défi pour les gens travaillant en simulation. Il est impossible de programmer une règle mathématique qui prendra en compte tous les facteurs afin d'en arriver à une décision réfléchie d'une entité

dans un modèle de simulation. Il faut alors créer des règles approximatives qui créeront malheureusement de la variation entre le simulé et le réel. Par contre, ces variations n'empêchent pas, dans ce cas-ci, d'en arriver à un modèle valide.

Finalement, le modèle de simulation développé constitue une représentation suffisamment précise du système étudié pour atteindre les objectifs de l'étude.

6 TRAVAUX FUTURS

La prochaine étape du projet est de construire un plan d'expérience complet considérant certains facteurs que l'on retrouve dans la littérature et qui sont connus pour influencer la congestion dans les salles d'urgence. Les expériences seront exécutées avec le modèle de simulation. Voici quelques facteurs qui seront étudiés à l'aide du modèle de simulation :

- Le nombre de salles ;
- Le nombre d'infirmières de salles ;
- Le nombre de médecin d'urgence ambulatoire ;
- La répartition des pauses des infirmières ;
- Implantation des ordonnances collectives ;
- La présence à l'urgence ambulatoire d'une infirmière praticienne spécialisée de première ligne (IPSPL) ;
- Déléguer la tâche de revoir des patients soit à l'infirmière de salle ou l'IPSPL.

De plus, le plan d'expérience permettra d'analyser les interactions entre les facteurs, ce qui permettra de faire avancer la recherche en ce qui a trait à la congestion dans les urgences. Finalement, une animation du modèle de simulation permettra d'améliorer la présentation générale et de donner confiance à la direction de l'urgence vis-à-vis les améliorations proposées.

7 RÉFÉRENCES

- Aaby, K., Herrmann, J.W., Jordan, C.S., Treadwell, M. et Wood, K., (2006), Montgomery County's Public Health Service uses operations research to plan emergency mass dispensing and vaccination clinics, *Interfaces*, Vol. 36, No. 6, pp. 569-579.
- Association des médecins d'urgence du Québec, (1998), Guide d'implantation de l'échelle canadienne de triage & de gravité pour les départements d'urgence, 20 pages.
- Chisholm CD, Whenmouth LF, Daly EA, Cordell WH, Giles BK, Brizendine EJ: An evaluation of emergency medicine resident interaction time with faculty in different teaching venues. *Acad Emerg Med* 2004, 11(2):149-155.
- Eddy, D. M., Hollingworth, W., Caro, J. J., Tsevat, J., McDonald, K. M., et Wong, J. B. (2012). Model transparency and validation a report of the ISPOR-SMDM Modeling Good Research Practices Task Force-7. *Medical Decision Making*, 32(5), 733-743.
- Furaker C, (2009), Nurses' everyday activities in hospital care, *Journal of Nursing Management*, Vol.17, pp.269-277.

- Griffiths, J.D., Jones, M., Read, M.S. et Williams, J.E., (2010), A simulation model of bed occupancy in a critical care unit, *Journal of Simulation*, Vol. 4, No. 1, pp. 52–59.
- Hagtvedt, R., Griffin, P., Keskinocak, P. et Roberts, R., (2009), A simulation model to compare strategies for the reduction of health-care-associated infections, *Interfaces*, Vol. 39, No. 3, pp. 256–270.
- Hendrich A, Chow M, Skierczynski B and Lu Z, (2008), A 36-hospital time and motion study: how do medical-surgical nurses spent their time?, *The Permanente Journal*, Vol.12, No.3, pp.25-34.
- Hodgkin S., Warburton J. et Savy P., (2012), Using mixed methods to develop and implement a work sampling tool in residential aged care, *International Journal of Multiple Research Approaches*, Vol. 6, No. 1, pp. 23-32.
- Hollingsworth JC, Chisholm CD, Giles BK, Cordell WH, Nelson DR., (1998), How do physicians and nurses spend their time in the emergency department?, *Annals of Emergency Medicine*, Vol. 31, No. 1, pp. 87–91.
- Jenkins J.L. et ORTH D.L., (2004), Productivity improvement through work sampling, *Cost engineering*, Vol. 46, No. 3, pp. 27-32.
- Jones SS, Evans RS, (2008), An agent based simulation tool for scheduling emergency department physicians, *AMIA Annual Symposium Proceedings*, pp. 338–342.
- Katsaliaki, K. et Brailsford, S.C., (2007), Using simulation to improve the blood supply chain, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 58, No. 2, pp. 219–227.
- Katsaliaki, K. et Mustafee, N., (2011), Applications of simulation within the healthcare context, *Journal of the operational research society*, Vol.62, pp. 1431-1451.
- Kelton, W.D., Sadowski R. et Sturrock D., (2007), *Simulation with Arena*, 4th edn, McGraw-Hill, New York, 636 pages.
- Klassen, K.J., et Yoogalingam, R., (2009), Improving performance in outpatient appointment services with a simulation optimization approach, *Production and Operations Management*, Vol.18, No.4, pp.447–458.
- Lim, E. M., Worster, A., Goeree, R. et Tarride, J-É., (2013), Simulating an emergency department: the importance of modeling the interactions between physicians and delegates in a discrete event simulation, *BMC Medical Informatics and Decision Making*, Vol. 13, pp. 59-69.
- Michel F, Ferber J, Drogoul A, (2009), *In Multi-Agent Systems and Simulation: A Survey of the Agent Community's Perspective*, Edited by Uhrmacher AM, Weyns D. Boca Raton, FL, USA: Multi-Agent Systems: Simulation and Applications CRC Press. Taylor and Francis Group, pp. 3–52.
- Paul, S.A., Reddy, M.C. et De Flicht, C.J., (2010), A systematic review of simulation studies investigating emergency department overcrowding, *Simulation*, Vol. 86, No. 8–9, pp. 559–571.
- Rohleder, T.R., Lewkonio, P., Bischak, D.P., Duffy, P. et Hendijani, R., (2011), Using simulation modeling to improve patient flow at an outpatient orthopaedic clinic, *Health Care Management Sciences*, Vol.14, pp. 135-145.
- Rowe, B. H., Channan, P., Bullard, M., Blitz, S., Saunders, L. D., Rosychuk, R. J., et Holroyd, B. R. (2006). Characteristics of patients who leave emergency departments without being seen. *Academic Emergency Medicine*,13(8), 848-852.
- Santibanez, P., Chow, V.S., French, J., Putterman, M.L, Tyldesley, S., (2009), Reducing patient wait times and improving resource utilization at British Columbia Cancer Agency's ambulatory care unit through simulation, *Health Care Management Science*, Vol.12, pp. 392–407.
- Saremi, A., Jula, P., ElMekkawy, T., et Wang, G.G., (2013), Appointment scheduling of outpatient surgical services in a multistage operating room department, *International Journal of Production Economics*, Vol.141, pp. 646-658.
- Siebers PO, Macal CM, Garnett J, Buxton D, Pidd M. (2010), Discrete-event simulation is dead, long live agent-based simulation!, *Journal of Simulation*, Vol. 4, pp. 204–210.
- Taboada M, Cabrera E, Iglesias ML, Epelde F, Luque E., (2011), An agent-based decision support system for hospitals emergency departments, *Procedia Computers Science*, Vol. 203, No. 4, pp. 1870–1879.
- Urden, L. and Roode, J.L., (1997), Work Sampling : A Decision-Making Tool for Determining Resources and Work Redesign, *Journal of Nursing Administration*, Vol. 27, No.9, pp. 34-41.
- Wang L, (2009), An agent-based simulation for workflow, *Proceedings of the 2009 IEEE Systems and Information*, pp. 19–23.
- Westbrook, I. J., Duffield, C., Li, L. et Creswick, J. N., (2011), How much time do nurses have for patients? a longitudinal study quantifying hospital nurses' patterns of task time distribution and interactions with health professionals, *BMC Health Services Research*, Vol.11, pp. 319-330.
- White, D.L., Froehle, C.M. et Klassen, K.J., (2011), The effect of integrated scheduling and capacity policies on clinical efficiency, *Production and Operations Management Society*, Vol.20, No.3, pp. 442-455.
- Wijewickrama, A.K.A. et Takakuwa, S., (2012), Designing outpatient appointment systems with patient characteristics: a case study, *International Journal of Healthcare Technology and Management*, Vol.13, No.1–3, pp. 157-169.