



HAL
open science

Service d'urgences hospitalières : situations de tension et résilience

Farid Kadri, Sondès Chaabane, Christian Tahon

► To cite this version:

Farid Kadri, Sondès Chaabane, Christian Tahon. Service d'urgences hospitalières : situations de tension et résilience. Journées Doctorales et Journées Nationales du GDR MACS (JD-JN-MACS), Jul 2013, Strasbourg, France. pp.1-8. hal-01009916

HAL Id: hal-01009916

<https://hal.science/hal-01009916>

Submitted on 18 Jun 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Service d'urgences hospitalières : situations de tension et résilience

Farid Kadri, Sondès Chaabane, Christian Tahon

Univ. Lille Nord de France, F-59000 Lille, France

UVHC, TEMPO lab., "Production, Service, Information" Team, F-59313, Valenciennes, France

(farid.kadri, sondes.chaabane, christian.tahon)@univ-valenciennes.fr

Résumé – *La prise en charge des flux des patients, en particulier, les flux consécutifs à des crises sanitaires (situations exceptionnelles) au niveau des services d'urgences est l'un des problèmes les plus importants à gérer par les directions hospitalières. Pour gérer cet afflux de patients, les services d'urgences nécessitent des ressources humaines et matérielles importantes, cependant, limitées. Dans ces conditions, le personnel médical se voit confronté très fréquemment à des situations de tension. Pour faire face à ces situations, les services d'urgences (SU) n'ont pas d'autre choix que de s'adapter. Dans cet article on cherche à définir, caractériser et modéliser la situation de tension dans les services d'urgences hospitalières, proposer des actions et des stratégies d'évitement afin de limiter au mieux ces tensions.*

Mots clés- Services d'urgences, Situations de tension, Résilience d'un SU, Modélisation, Projet HOST.

1. Introduction

Face à des événements et/ou des situations exceptionnelles (catastrophes naturelles et les menaces sanitaires liées à des épidémies, gripes, canicules, vagues de froid, etc.), les établissements hospitaliers en particulier les services d'urgences doivent être en mesure de recevoir des flux parfois très importants de victimes pour des traitements médicaux et chirurgicaux. Souvent, les moyens sanitaires classiques et de routine se trouvent dépassés et souvent inefficaces pour absorber un afflux important de victimes en cas de situation de catastrophe. Il est apparu indispensable de renforcer l'organisation des systèmes hospitaliers pour qu'ils puissent gérer l'ampleur de telles situations.

Les acteurs du secteur hospitalier doivent maîtriser les problèmes liés aux flux des processus (patients, informations, produits, équipements) et à la restructuration qui se traduit en interne par la mutualisation des ressources, notamment les plateaux techniques. Or, les professionnels de santé ne sont ni préparés ni formés pour résoudre de tels problèmes ; il apparaît qu'ils sont démunis en méthodologies et outils d'aide à la décision et de pilotage adaptés pour anticiper et gérer les situations de tension.

La première partie de cet article vise à définir et à caractériser les situations de tension dans les services

d'urgences hospitalières. Dans la deuxième partie, nous proposons le concept de résilience d'un service d'urgences (SU) et les états possibles dans lesquels il peut se retrouver.

2. Situations de tension dans les services d'urgences hospitalières

2.1 Services d'urgences hospitalières : problématiques

De nombreux travaux ont abordé des problématiques liées à la modélisation, la planification, la simulation et l'optimisation des flux de patients dans les services hospitaliers [1]–[4]. D'autres études ont été menées pour aider les managers des établissements hospitaliers pour la prise de décisions et mieux gérer les activités hospitalières [5]–[8].

Cependant, très peu de travaux ont été consacrés aux situations de tension dans les services d'urgences hospitalières. Notre travail de recherche porte principalement sur :

- La définition, la modélisation et la caractérisation des situations de tension dans les services d'urgences,

- L'élaboration des stratégies d'évitement et de gestion des tensions dans les urgences hospitalières,
- La définition et l'intégration de la notion de la résilience dans l'évaluation des performances d'un service d'urgences (SU), et
- La prise en compte de la logistique d'intervention, des facteurs humains et organisationnels dans le contexte des situations de tension.

2.2 Caractérisation de la situation de tension d'un SU

On ne trouve pas dans la littérature de définition de la situation de tension dans un service d'urgences (SU). En s'inspirant du concept "d'hôpital en tension" et sur les interviews menés auprès des professionnels de santé des urgences hospitalières du CHRU de Lille, le passage d'une situation normale à une situation de tension est généré par une inadéquation entre la charge et la capacité (la capacité de soins ne peut plus supporter le flux de charge en soins). Nous définissons donc une situation de tension dans un service d'urgences comme étant une inadéquation ou un déséquilibre pendant une certaine durée, entre [9], [10] :

- Le flux de charge en soins : le nombre de patients entrant, le nombre de patients sortant, le nombre de fugues et le nombre de patients abandonnant les urgences sans être traités, et
- La capacité de soins (moyens humains et matériels): le nombre de médecins, d'infirmier(e)s, d'auxiliaires de soins, le nombre de box, de lits et le matériel médical.

Les principaux facteurs identifiés qui peuvent influencer cet équilibre sont :

- Les facteurs qui influencent le nombre d'entrée : i) épidémies saisonnières, ii) causes cumulatives comme le vieillissement de la population et iii) disponibilité des médecins en amont et en aval (jours, nuit, journées fériés).
- Les facteurs qui influencent la rapidité de prise en charge et donc sur la capacité de traitement : i) performance de guichet administratif, ii) compétence du personnel soignant (capacité, retour d'expériences, etc.), et iii) les capacités de transfert interne (brancardiers) et externe (ambulances, SAMU).

En utilisant la méthode ou le diagramme cause-effet [10] qui permet de représenter de manière synthétique les différentes causes possibles d'un phénomène/problème, nous avons identifié les principales causes de tensions dans un service d'urgences (figure 1).

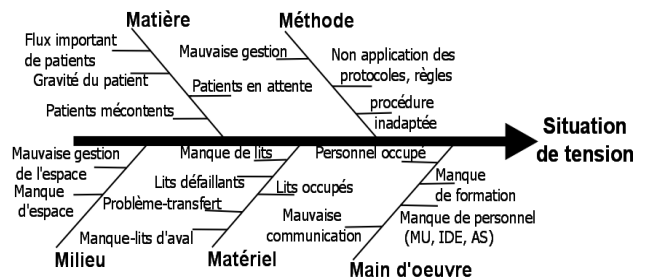


Figure 1 : Causes principales d'une situation de tension dans un service d'urgences hospitalières.

La situation de tension va apparaître selon différents niveaux de gravité différents. Nous avons ainsi défini les différents états d'un service d'urgences (SU).

2.3 Etats d'un service d'urgences (SU)

En s'appuyant sur la définition de la situation de tension proposée précédemment, le fonctionnement d'un service d'urgences (SU) peut être représenté selon deux situations (normale et tension) et trois états (figure 2) :

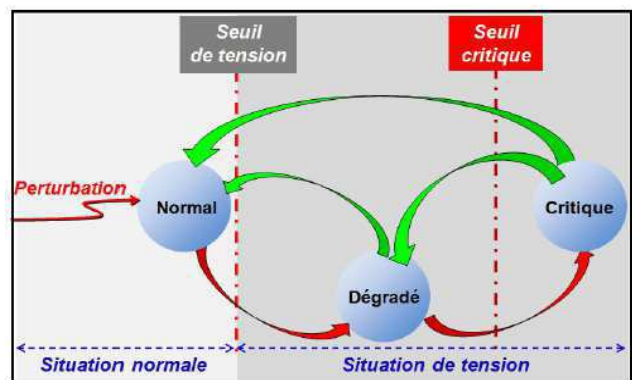


Figure 2 : Les états d'un service d'urgences (SU).

- 1) Etat normal : la capacité de soins est supérieure ou égale au flux de charge en soins (patients),
- 2) Etat dégradé : si la capacité de soins est inférieure au flux de charge en soins, le service d'urgences passe de l'état normal à l'état dégradé (dégradation acceptable) qui se traduit par le dépassement du seuil de tension,

- 3) Etat critique : en état dégradé, dans l'absence d'actions de corrections ou si les actions correctrices déployées ne sont pas efficaces face à l'augmentation du flux de charge en soins, le SU passe de l'état dégradé à l'état critique (dégradation inacceptable) en franchissant le seuil critique.

Après avoir présenté les principaux états, on définit deux seuils qui déterminent les transitions entre les trois états du SU :

- Seuil de tension : il correspond à la frontière entre l'état normal et l'état dégradé du SU. Ce dernier est caractérisé par deux critères, et
- Seuil critique : il correspond à la frontière entre l'état dégradé du SU (dégradation acceptable) et l'état critique (dégradation inacceptable).

L'identification des états d'un service d'urgences hospitalières (SU) et la quantification des différents seuils imposent de disposer d'indicateurs de tension.

2.4 Indicateur de tension (IT)

On peut caractériser l'indicateur de tension (IT) dans une structure d'urgences par un triplet ($IT = [O, V_E, V_A]$), destiné à en observer les évolutions d'une situation à intervalles bien définis :

- Objectif (O) : chaque indicateur de tension doit avoir un objectif clairement défini pour permettre l'appréciation d'un événement ou d'une situation par le décideur.
- Variables d'états (VE) : les variables d'état doivent être mesurables et faciles à interpréter pour pouvoir définir les différents états du service d'urgences.
- Variables d'actions (VA) : l'indicateur de tension n'est utile que si un plan d'actions (actions de corrections) est associé en cas de d'un ou des seuils prédéfinis. La figure 3 représente un exemple d'indicateur de tension.

Le choix de la pertinence et la crédibilité de ces indicateurs de tension est très important dans la modélisation des états de tension et plus particulièrement, le choix des seuils et des variables d'actions (plan d'actions). Ce choix, se fait en se basant

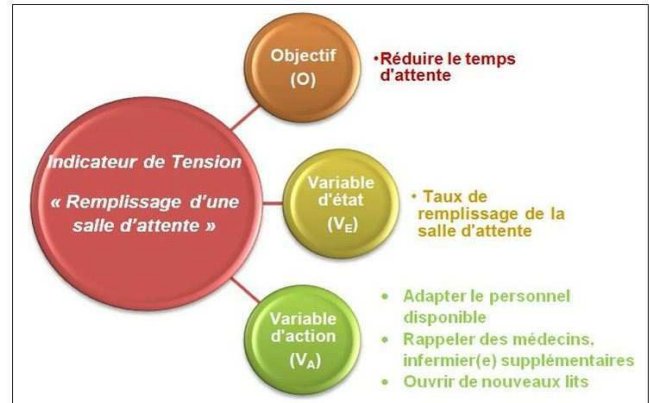


Figure 3 : Exemple d'indicateur de tension : remplissage d'une salle d'attente aux urgences hospitalières.

sur les avis des professionnels de santé (médecins urgentistes, IDE, IAO, etc.) et sur le retour d'expérience concernant les situations de tension déjà observées. La figure 4 représente les principales variables d'actions sur les quelles on peut agir dans le cas d'un service d'urgences hospitalières.

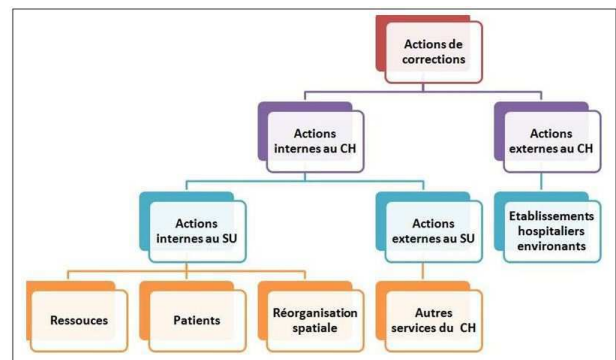


Figure 4 : Les actions de correction possibles dans un service d'urgences.

3. Résilience d'un service d'urgences

3.1 Le concept de la résilience

Avant de définir la résilience d'un service d'urgence, nous rappelons les différents concepts de la résilience. La résilience est définie de différentes façons, selon le champ de l'étude où elle est considérée.

La définition de la résilience des systèmes a été introduite par Holling (1973), au cours de ces travaux sur les systèmes écologiques. Il a défini la résilience comme la capacité du système à créer de la prévoyance, reconnaître, anticiper et se défendre contre les formes changeantes des risques, avant que des conséquences néfastes ne se produisent [11].

Le concept de la résilience organisationnelle existe depuis les années 1990, mais ce n'est que depuis les récentes catastrophes et accidents (attentat au gaz sarin, Tokyo, Japon (1995), crise du verglas au Canada en 1998, attentats du 11 septembre 2001 aux États-Unis, événement météorologique, comme la canicules 2003 en Europe, ouragan Katrina en 2005 aux États-Unis, l'accident de Fukushima du 11 Mars 2011 au Japon, etc.) que celui-ci est fortement discuté par plusieurs chercheurs dans plusieurs domaines. Les nombreux concepts qui ressortent des définitions de résilience organisationnelle sont : la connaissance de l'environnement, le niveau de préparation, l'anticipation des perturbations, la capacité de déploiement des ressources, le degré d'adaptation et la capacité de rétablissement [12]–[15].

Au cours de ces travaux, dans le domaine de la santé Mallak (1998), a introduit des facteurs visant à identifier les dimensions des organisations résilientes et les comportements des individus résilient. Il définit la résilience comme un comportement adaptatif positif et rapide pour supporter un minimum de stress [16].

On trouve dans la littérature, plusieurs auteurs qui cherchent à préciser ce qui relève ou non de la résilience. Pour certains, la notion de résilience doit être restreinte à la prise en charge des événements majeurs, imprévus et inhabituels, qui sortent du domaine prévu [17]–[19]. Pour d'autres auteurs, le concept de résilience est plus vaste (gestion des événements prévus et imprévus), il s'intéresse aux variations plus ou moins importantes du domaine de performance du système. Ces auteurs associent la résilience au fonctionnement du système dans des conditions prévues et imprévues [20]–[22].

3.2 Résilience d'un service d'urgences

Notre définition de la résilience d'un service d'urgences prend en compte les événements imprévus et les événements prévus. Dans notre cas, les événements prévus peuvent être définis comme générateurs des flux récurrents, pouvant présenter des variations saisonnières dont on connaît plus au moins les tendances moyennes à court ou à moyen terme (mois ou année). Les événements imprévus sont définis comme des générateurs des flux exceptionnels : menaces ou crises sanitaires (grippes, canicules, vagues de froid, etc.) non prévisibles en volume et en nature. Le service d'urgences doit posséder une capacité proactive pour pouvoir s'adapter aux changements des conditions avant l'occurrence des événements.

En ce qui concerne les services d'urgences, il n'existe aucune définition ni aucun modèle pour évaluer la résilience d'urgences hospitalières. Nous définissons la résilience d'un service d'urgences (SU) comme \emph{sa

capacité à assurer le meilleur soin aux patients et de maintenir ses performances (durée et qualité des soins,...) à un niveau acceptable face à des perturbations et/ou situations prévues ou imprévues en s'adaptant avant, pendant et après la perturbation}. Les trois axes (concept) clés qui découlent de cette définition sont (figure 5) :



Figure 5 : Exigence de la résilience d'un service d'urgences (SU).

- Anticiper les perturbations en les détectant le plus tôt possible. Le SU doit i) surveiller l'évolution et le fonctionnement du SU afin de le maintenir à un niveau acceptable et ii) prévoir des actions de correction afin d'anticiper les perturbations qui pourraient survenir permettant au SU d'avoir des délais suffisants (marge de manœuvre) pour appliquer les actions adaptées.
- Adapter et réagir à des perturbations régulières ou irrégulières, prévisibles ou imprévisibles. Le SU doit avoir i) une capacité d'adaptation aux variations, perturbations inhabituelles, habituelles et/ou routinières et ii) une capacité de planification des actions de correction face à ces perturbations.
- Comprendre et apprendre des perturbations du passé (capacité d'apprentissage). En se basant sur les perturbations déjà enregistrées, le SU doit être capable de reproduire un comportement face à une ou des perturbations futures afin de proposer des actions spécifiques, adaptées aux perturbations futures.

Pour qu'un service d'urgence soit résilient, il doit donc pouvoir à la fois de surveiller l'évolution de la procédure des soins, anticiper les perturbations en les détectant le plus tôt possible, s'adapter aux variations/perturbations habituelles et inhabituelles, comprendre les perturbations du passé afin de proposer

des réponses et des actions adaptées aux perturbations futures et enfin, planifier des actions de prévention et de correction afin de maintenir un niveau de fonctionnement acceptable.

3.3 Gestion des situations de tension

L'évaluation de la résilience est devenue un outil d'aide à la décision important dans de nombreux domaines. La méthodologie d'évaluation de la résilience permet d'obtenir un portrait de la résilience d'un système/organisation en fonction de ses paramètres fondamentaux. Cette évaluation doit aboutir non seulement à des recommandations concernant la robustesse et la faiblesse du système mais elle doit aussi entraîner la mise en place d'un plan d'actions et de mesures concrètes pour améliorer sa résilience.

En se basant sur la définition de la situation de tension et, pour bien cerner la notion de la résilience d'un SU. Nous proposons trois modes de gestion qui correspondent à chaque état de service d'urgences (voir figure 6):

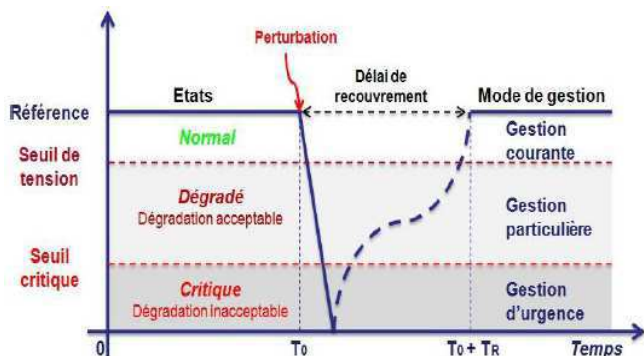


Figure 6 : Etats et modes de gestion des situations de tension dans un service d'urgences.

- Gestion courante : c'est le mode de gestion appliquée dans l'état normal. Ce dernier, correspond à la mise en place d'actions planifiées pour gérer au quotidien les perturbations habituelles et routinières. La gestion courante est donc une gestion planifiée relative au maintien des activités à un niveau normal.
- Gestion particulière : quand l'état du service d'urgences passe de l'état normal à l'état dégradé, il faut mettre en place des actions non déployées ordinairement afin de permettre au service d'urgences de retrouver son état de fonctionnement normal.

- Gestion d'urgence : au niveau de l'état dégradé du service d'urgences, si les actions déployées dans la gestion particulière ne sont pas efficaces, l'état de service d'urgences passe à l'état de tension. Dans ce cas, la gestion d'urgence qui correspond au déploiement des actions et des mesures d'urgences importantes pour tenter un retour à un état de fonctionnement acceptable dégradé ou normal.

Les différents concepts présentés précédemment sont appliqués au Service d'Urgences Pédiatriques (SUP) du Centre Hospitalier Régional Universitaire (CHRU) de Lille.

4. Cas de service d'urgences pédiatriques du CHRU de Lille

Le projet HOST "*\emph{Hôpital, Optimisation, Simulation et évitement des Tension}*" a pour objectif la modélisation, l'optimisation et la conception d'un système d'aide à la décision pour anticiper, éviter et gérer des tensions dans les systèmes hospitaliers (pics d'activité, engorgement des établissements de santé, déclenchement du plan blanc, etc.). A terme, l'outil devrait être généralisé pour permettre l'aide à la décision pour l'anticipation, et la limitation des tensions à l'hôpital mais aussi dans le cadre de gestion de crise et des situations d'urgences.

Le site expérimental est le Centre Hospitalier Régional Universitaire "CHRU" de Lille. Toutefois, la démarche proposée doit conserver un caractère générique pour pouvoir être appliquée à d'autres établissements hospitaliers, ou encore à des situations liées à une/des catastrophes naturelles et/ou technologiques.

Le service d'urgences pédiatriques (SUP) du centre hospitalier régional universitaire (CHRU) de Lille reçoit 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, toute personne se présentant spontanément ou amenée par des ambulances ou par le SAMU, le SMUR, les pompiers ou les ambulanciers privés, etc., en attente de soins dans les différents domaines médicaux et chirurgicaux.

Le SUP du CHRU de Lille partage plusieurs ressources avec d'autres services hospitaliers tels que, le service d'urgences adultes, blocs opératoires, radiologie (Scanner, IRM, Rayons X, Ultrason, etc.) et les laboratoires (Banque du sang, Chimie, Microbiologie, Pathologie, etc.). Le SUP est composé principalement de : i) 10 Chambres disposées en demi-cercle autour de la rotonde centrale (UHCD), ii) 4 Salles de consultations, 1 salle de déchoquage, 1 salle de

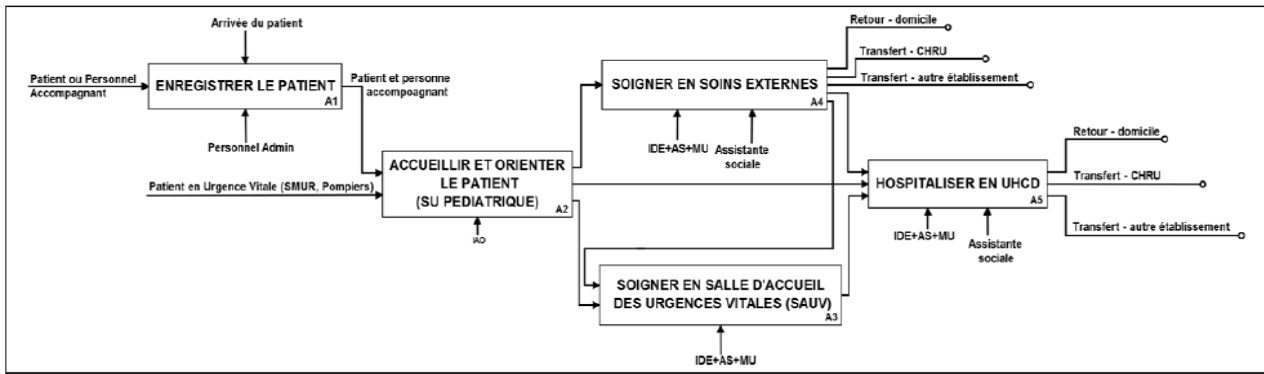


Figure 7 : Processus général de prise en charge des patients au niveau de SUP du CHRU de Lille

suture, 1 salle de plâtre et 1 Salle d'attente avec salle de jeu et iii) Bureaux médecins et de cadre.

La prise en charge des patients au niveau de SUP comporte cinq activités principales (voir figure 7):

- Enregistrer le patient.
- Accueillir et orienter le patient au niveau de SUP,
- Soigner le patient en urgence vitale (SAUV),
- Soigner le patient en soins externes,
- Hospitaliser le patient en Unité d'Hospitalisation de Courte Durée (UHCD).

4.1 Indicateurs de tension

En se basant sur les avis des médecins urgentistes et les personnels médical du CHRU de Lille (questionnaires, interviews, etc.), les principaux indicateurs de tension retenus dans le cas de service d'urgences pédiatriques sont les suivant :

- Le nombre de passages aux urgences pédiatriques,
- Le degré de gravité (classification CCMU et GEMSA),

- Le temps d'attente au guichet administratif,
- Le taux de remplissage de la salle d'attente au niveau de service d'accueil d'urgences pédiatriques (SAUP),
- Le temps d'attente entre l'enregistrement au guichet administratif et la prise en charge par l'hôtesse,
- Le temps d'attente entre la prise en charge par l'hôtesse et l'intervention de l'IAO,
- Le temps d'attente entre la prise en charge par l'hôtesse et le premier examen médical,
- Le délai écoulé entre l'enregistrement au guichet administratif et l'admission en UHCD, et
- Le délai écoulé entre l'enregistrement au guichet administratif et la sortie du service d'urgence pédiatrique (retour à domicile, transfert dans l'établissement, transfert vers un autre établissement.).

4.2 Actions de correction

En se basant sur les indicateurs de tension identifiés, trois principaux types d'actions interne au service d'urgences pédiatriques (SUP) on été proposées (voir figure 8) :

- Actions sur les ressources : i) humaines (médecins urgentistes, infirmières, aides soignantes, hôtesse d'accueil, agents administratifs, etc.), et ii) matérielles (box, lits, chariot brancard, matériel médical,

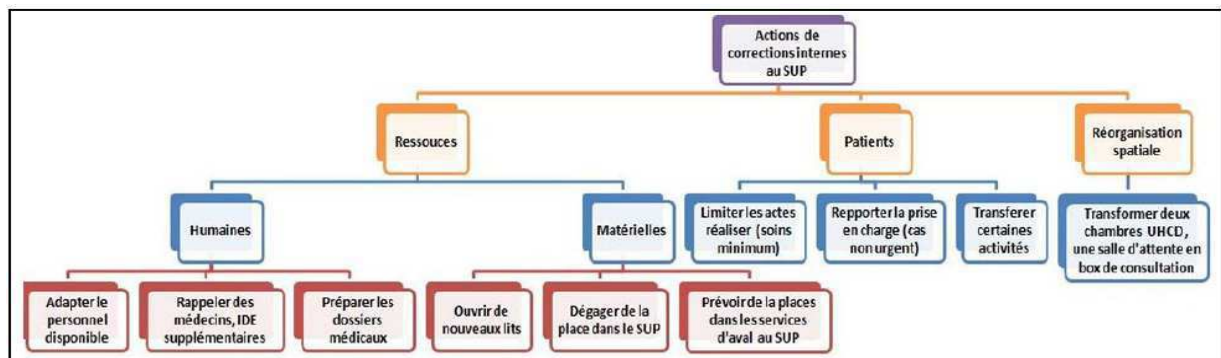


Figure 8 : Exemple d'actions de correction internes au service d'urgences pédiatriques (SUP) du CHRU

etc..).

- Action sur les patients (activités programmées, activités non programmées et le degré de gravité de chaque patient, etc..).
- Actions sur la réorganisation spatiale des urgences pédiatriques.

5. Conclusion et perspectives

L'engorgement des services d'urgences dépend non seulement des conséquences de l'organisation internes et les moyens disponibles, mais aussi de niveau du préparation, de la capacité d'anticipation des situations de tension, la capacité d'adaptation aux perturbations et la fluidité du flux de patients des systèmes en amont et aval des services d'urgences. Intégrer et évaluer la résilience des services d'urgences prennent donc tout leur intérêt.

Nous avons aussi défini dans le cas d'un service d'urgences, la situation de tension et identifié les facteurs d'appariation de ces situations ainsi que les indicateurs de tension. Nous avons également proposé le concept de résilience d'un service d'urgence (SU).

La suite de nos travaux consistera à la modélisation dynamique du service d'urgences pédiatriques du CHRU de Lille qui permet d'une part, d'évaluer la performance du processus de prise en charges des patients aux urgences et, d'autre part, d'évaluer sa résilience en se basant sur les indicateurs de tension identifiés.

Remerciements

Ce travail a été développé dans le cadre du projet HOST et soutenu par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) (<http://www.agence-nationale-recherche.fr>).

Références

- [1] J. R. Swisher, S. H. Jacobson, J. B. Jun, et O. Balci, Modeling and analyzing a physician clinic environment using discrete-event (visual) simulation, *Comput. Oper. Res.*, vol. 28, n° 2, p. 105-125, févr. 2001.
- [2] R. E. Blasak, W. S. Armel, D. W. Starks, et M. C. Hayduk, The use of simulation to evaluate hospital operations between the emergency department and a medical telemetry unit, in *Simulation Conference, 2003*, vol. 2, p. 1887-1893 vol.2.
- [3] M. Diefenbach et E. Kozan, Hospital emergency department simulation for resource analysis, *Industrial Engineering & Management Systems*, 2008.
- [4] Y. Dong, N. W. Chbat, A. Gupta, M. Hadzikadic, et O. Gajic, Systems modeling and simulation applications for critical care medicine, *Ann. Intensive Care*, vol. 2, n° 1, p. 18, juin 2012.
- [5] A. H. van Zon et G. J. Kommer, Patient flows and optimal health-care resource allocation at the macro-level: a dynamic linear programming approach, Maastricht University, Open Access publications from Maastricht University urn:nbn:nl:ui:27-22451, 1999.
- [6] H. Beaulieu, J. A. Ferland, B. Gendron, et P. Michelon, A mathematical programming approach for scheduling physicians in the emergency room, *Health Care Manag. Sci.*, vol. 3, n° 3, p. 193-200, 2000.
- [7] V. De Angelis, G. Felici, et P. Impelluso, Integrating simulation and optimisation in health care centre management, *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 150, n° 1, p. 101-114, 2003.
- [8] T. Wang, Organisation et pilotage des services sur le trajet des urgences », INSA de Lyon, 2008.
- [9] F. Kadri, C. PACH, S. Chaabane, T. Berger, D. Trentesaux, C. Tahon, et Y. Sallez, Modelling and management of the strain situations in hospital systems using an ORCA approach, IEEE IESM, 28-30 October, RABAT - MOROCCO, 2013
- [10] F. Kadri, S. Chaabane, et C. Tahon, A simulation-based decision support system to prevent and predict strain situations in emergency department systems, *Simul. Model. Pract. Theory*, vol. 42, p. 32-52, mars 2014.
- [11] C. S. Holling, « Resilience and Stability of Ecological Systems, *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, vol. 4, n° 1, p. 1-23, 1973.
- [12] J. F. Horne, A New Direction: The Coming Age of Organizational Resilience, *Bus. Forum*, vol. 22, n° 2/3, p. 24-28, 1997.

- [13] T. J. Vogus et K. M. Sutcliffe, Organizational resilience: Towards a theory and research agenda , in *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2007. ISIC, 2007*, p. 3418-3422.
- [14] S. McManus, E. Seville, J. Vargo, et D. Brunson, Facilitated Process for Improving Organizational Resilience , *Nat. Hazards Rev.*, vol. 9, n° 2, p. 81-90, 2008.
- [15] C. W. Zobel, Comparative visualization of predicted disaster resilience , *Proceeding Proc. 7th Int. ISCRAM Conf. Seattle WA*, 2010.
- [16] A. . Hale et T. Heijer, Defining resilience », in *Resilience Engineering: Concepts And Precepts*, Aldershot, UK : Ashgate, 2006, p. 35-40.
- [17] D. Woods, Essential characteristics of resilience , in *Resilience engineering : Concepts and precepts*, Aldershot, UK Ashgate, 2006, p. 21-33.
- [18] J. Thor, J. Lundberg, J. Ask, J. Olsson, C. Carli, K. P. Härenstam, et M. Brommels, Application of statistical process control in healthcare improvement: systematic review, *Qual. Saf. Health Care*, vol. 16, n° 5, p. 387-399, oct. 2007.
- [19] E. Hollnagel, C. P. Nemeth, et S. Dekker, *Remaining sensitive to the possibility of failure*. Aldershot: Ashgate, 2008.
- [20] R. Westrum, A Typology of Resilience Situations », in *Resilience Engineering: Concepts And Precepts*, E. Hollnagel, D. Woods, et N. Leveson, Éd. Ashgate Publishing, 2006, p. 55-65.
- [21] E. Hollnagel, The four cornerstones of resilience engineering , in *Resilience Engineering Perspectives, Volume 2*, C. Nemeth, E. Hollnagel, et S. Dekker, Éd. Ashgate, 2009, p. 117-134.
- [22] E. Hollnagel, *Resilience engineering in practice a guidebook*. Farnham, Surrey, England; Burlington, VT: Ashgate, 2011.