



HAL
open science

Vers la résilience des services d'urgences hospitalières : gestion efficace des situations de tension

Farid Kadri, Sondès Chaabane, Christian Tahon

► **To cite this version:**

Farid Kadri, Sondès Chaabane, Christian Tahon. Vers la résilience des services d'urgences hospitalières : gestion efficace des situations de tension. 10ème Conférence Francophone de Modélisation, Optimisation et Simulation- MOSIM'14 – 5 au 7 novembre 2014 - Nancy–France, Nov 2014, Nancy, France. hal-01138633

HAL Id: hal-01138633

<https://hal.science/hal-01138633>

Submitted on 2 Apr 2015

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.

VERS LA RESILIENCE DES SERVICES D'URGENCES HOSPITALIERES : GESTION EFFICACE DES SITUATIONS DE TENSION

Farid KADRI, Sondès CHAABANE, Christian TAHON

Univ. Lille Nord de France, F-59000 Lille, France
TEMPO Lab., « Production, Services, Information » Team F-59313 Valenciennes, France
{farid.kadri, sondes.chaabane, christian.tahon}@univ-valenciennes.fr

RESUME : *Face aux menaces et événements exceptionnels (crises sanitaires liées à des épidémies, gripes, canicules, vagues de froid, qui sont en évolution continues.) pesant sur les établissements hospitaliers, en particulier les services d'urgences, la gestion efficace de ces événements est devenue un problème crucial pour de nombreuses administrations hospitalières. Les pratiques traditionnelles de gestion et de planification peuvent s'avérer limitées, les moyens sanitaires sont souvent insuffisants et/ou inefficaces en cas de perturbations majeures et imprévues. Pour faire face, à de telles situations, les services d'urgences doivent intégrer dans leur mode de fonctionnement la capacité à anticiper, à réagir et à mobiliser les moyens à mettre en œuvre pour posséder le niveau de résilience indispensable pour répondre à leurs missions. Dans cet article nous proposons une définition de la résilience d'un service d'urgences. Nous présentons ensuite une procédure d'évaluation de la résilience.*

MOTS-CLES : *Résilience, Service d'urgences, Situations de tension, Actions de correction.*

1 INTRODUCTION

Les systèmes hospitaliers sont souvent confrontés à des événements et/ou des situations exceptionnelles (accidents, catastrophes naturelles, menaces sanitaires liées à des épidémies, gripes, canicules, vagues de froid, etc.). En particulier, les services d'urgences doivent être en mesure de recevoir des flux importants de victimes pour des traitements médicaux et parfois 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 ces situations. Il est donc indispensable de renforcer l'organisation de ces services afin qu'ils puissent gérer l'ampleur de telles situations.

Face aux menaces qui pèsent sur les services d'urgences, les pratiques traditionnelles de gestion des perturbations peuvent être bénéfiques et ne doivent pas être négligées. Cependant, elles peuvent s'avérer limitées ou inefficaces en cas de perturbations majeures. Pour répondre à leurs missions un service d'urgences doit intégrer dans son mode de fonctionnement la capacité à anticiper, à réagir et à mobiliser des moyens à mettre en œuvre pour posséder le niveau de résilience indispensable.

La notion de résilience est utilisée dans différents contextes, recouvrant différentes interprétations comme la faculté à anticiper, à surmonter une situation, à rester en dessous de seuils dont le franchissement provoquerait des changements structurels irréversibles au sein des systèmes, à adopter des comportements originaux au

regard de situations exceptionnelles, etc., (Rigaud, 2011). L'intégration de la notion de la résilience dans les services d'urgences hospitalières joue un rôle très important dans l'anticipation, la réduction et la gestion efficace des perturbations qui peuvent générer des situations de crise dans ces établissements.

L'objectif de cet article est de caractériser la résilience d'un service d'urgences hospitalières et de proposer une démarche d'évaluation de la résilience d'un SU. La deuxième partie de cet article est consacrée à caractériser les états de fonctionnement d'un service des urgences. Dans la troisième partie nous proposons une définition de la résilience d'un service d'urgences. Dans la quatrième partie nous proposons une procédure d'évaluation de la résilience d'un service d'urgences. Enfin, une conclusion et des perspectives sont également proposées.

2 SITUATIONS DE TENSION D'UN SERVICE D'URGENCES

Le service d'urgences fait partie des infrastructures critiques d'un établissement hospitalier (Kadri et al., 2014), souvent confronté à des événements et/ou des situations exceptionnelles : augmentation du nombre de patients résultant d'épisodes épidémiques et de crises (catastrophes naturelles, attaques terroristes, accidents, ...), réduction des ressources humaines et/ou matérielles, apparition de pathologies complexes nécessitant un temps de traitement long. Ces événements ont un impact direct ou indirect sur i) la performance de ces systèmes (qualité de soins, temps de séjours des patients et coûts,

...) et ii) la perte de patients (non soignés dans les délais, fugues, décès,...). Par conséquent, le service d'urgences joue un rôle clé dans la réponse et la récupération face aux perturbations.

D'une manière générale, la performance s'exprime en termes de qualité, de coûts et de délais. La performance des systèmes hospitaliers fait actuellement débat en raison des évolutions rapides et profondes de ces derniers. La difficulté à définir la performance des systèmes de soins résulte de nombreux facteurs, en particulier de son aspect multidimensionnel. La performance d'un service d'urgence est liée à la performance de l'ensemble des sous services le constituant (l'urgence vitale, unité d'hospitalisation de courte durée, l'enregistrement administratif, la consultation médicale, examens complémentaires,...). Les principaux critères permettant de qualifier la performance d'un service d'urgences sont :

- le temps d'attente des patients avant la prise en charge,
- le temps de séjour des patients aux urgences,
- la capacité de soins que l'on peut exprimer par le nombre de patients traités sur une période donnée
- la qualité des soins. Elle est essentiellement liée aux aspects médicaux de la performance. Dans le cadre de notre travail, ce critère n'est pas pris en compte actuellement.

Le choix du(des) critère(s) de performance est notamment fonction de sa mesurabilité au sein du service, des préférences des urgentistes, des possibilités d'actions possibles pour agir dans une situation donnée.

2.1 Perturbation dans un service des urgences

Les conséquences des perturbations sur les services d'urgences hospitalières peuvent varier d'un simple pic d'activité jusqu'à une situation de crise en passant par les situations de tension (Kadri et al., 2013).

Nous avons retenu comme modèle de perturbation celui proposé par (Aini and Fakhru-Razi, 2010) pour les systèmes sociotechniques. Il se compose de trois périodes (figure 1), chacune d'elles comportant plusieurs phases :

- 1) **Période de pré-perturbation** : c'est la période précédant l'occurrence de la perturbation. Elle se compose de quatre phases (phase d'exploitation, phase d'incubation, phase d'avertissement et phase d'activations).
- 2) **Période de perturbation** : c'est la période où la tension ou dysfonctionnement se produit. Elle se compose des deux phases : i) phase d'apparition (début de la perturbation après son activation par un événement déclencheur), ii) phase de réponse et de récupération qui comprend l'intervention d'urgence

et la prise de mesures pour l'atténuation des impacts.

- 3) **Période de post-perturbation** : c'est la période après laquelle les opérations, les actions d'atténuation et l'intervention d'urgence sont terminées. Cette période est caractérisée par la phase d'enquêtes et de rapports (retour d'information).

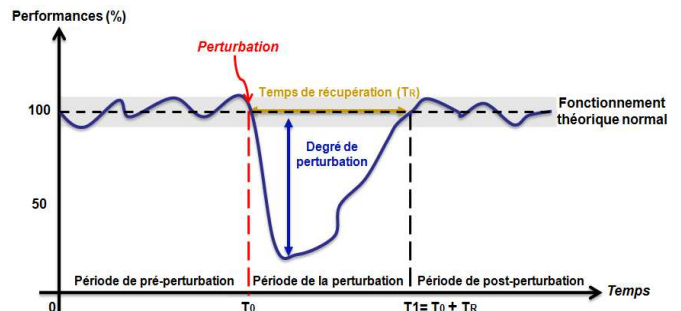


Figure 1 : Cycle d'une perturbation dans un système sociotechnique.

2.2 Situations de tension dans les SU

Les situations de tension peuvent être définies à partir de points de vue différents et caractérisées par différents facteurs. D'un point de vue flux patients, une situation de tension dans un service d'urgences peut être définie comme un déséquilibre entre la charge et la capacité de soins, dans lequel la valeur(s) seuil(s) est dépassé, entre (Kadri et al., 2014) :

- 1) charge en soins : elle est fonction du nombre de patients entrant, du nombre de patients sortant, le nombre de fugues et du nombre de patients abandonnant les urgences sans être traités,
- 2) capacité de soins elle représente le nombre de patients que le service des urgences peut traiter durant une période donnée compte tenu des moyens humains et matériels : nombre de médecins, d'infirmier(e)s, d'auxiliaires de soins, nombre de box, de lits et de matériel médical. Elle est estimée par le personnel du service des urgences.

Les principaux facteurs identifiés qui peuvent jouer sur cet équilibre sont :

- les facteurs influençant le nombre d'entrées (flux des patients) : les épidémies saisonnières (grippe, rhume, gastro-entérite, bronchiolite, etc..),
- les facteurs influençant la rapidité de prise en charge et donc la capacité de production de soins: les compétences du personnel soignant (retour d'expériences, ...), la capacité de transfert interne et externe (disponibilité des services de soins en aval).

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) :

- Etat normal : la capacité de soins est supérieure ou égale au flux de charge en soins (patients),
- Etat dégradé : la capacité de soins est inférieure au flux de charge en soins. Le service d'urgences passe alors de l'état normal à l'état dégradé, (la dégradation étant jugée acceptable) ce qui se traduit par le dépassement du seuil de tension, S_{th} . L'état dégradé peut être représenté par plusieurs états de dégradation (dégradation mineure, modéré et sévère).
- Etat critique : en état dégradé, dans l'absence d'actions de corrections ou si les actions correctrices déployées ne sont pas efficaces, le service d'urgences passe de l'état dégradé à l'état critique (dégradation inacceptable) en franchissant le seuil critique C_{th} .

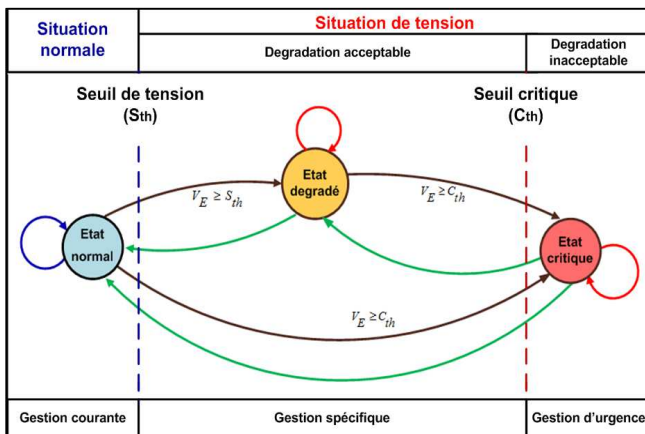


Figure 2 : Les états d'un service d'urgences (SU)

L'identification des états d'un service d'urgences hospitalières (SU) et la quantification des différents seuils imposent de disposer d'indicateurs de tension. On peut caractériser un indicateur de tension (IT) dans une structure d'urgences par un triplet ($IT = [O, V_E, V_A]$), destiné à observer les évolutions d'une situation à intervalles bien définis (Kadri et al., 2014) :

- 1) Objectif (O): chaque indicateur de tension doit être associé à un objectif clairement défini pour permettre l'appréciation d'un événement ou d'une situation par le décideur.
- 2) Variables d'états (V_E) : les variables d'état doivent être mesurables et faciles à interpréter pour pouvoir définir les différents états du service d'urgences.
- 3) Variables d'actions (V_A) : l'indicateur de tension n'est utile que si un plan d'actions (actions de

corrections) est associé en cas de dépassement d'un des seuils définis de tension.

Pour faire face aux situations de tension, le service d'urgences doit posséder un niveau de résilience suffisant (capacité à anticiper, à réagir et à mobiliser des moyens pour sa reconstruction après une perturbation). Dans la partie suivante, nous précisons la notion de résilience d'un service d'urgences et ses principaux concepts.

3 CONCEPT DE RESILIENCE D'UN SERVICE DES URGENCES

3.1 Résilience et services des urgences

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 (Hale and Heijer, 2006; Lundberg and Johansson, 2007; Woods, 2006). 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 (Hollnagel, 2011, 2009; Westrum, 2006; Wreathall, 2006).

La littérature sur la résilience et son application dans les différents domaines est abondante. Cependant, très peu de travaux ont été consacrés à la résilience d'un service d'urgences. Pratiquement aucune étude concrète n'a été menée pour définir et quantifier la résilience d'un service d'urgences. Mallak (Mallak, 1998), a introduit des facteurs visant à identifier les dimensions des organisations résilientes et les comportements des individus résilients. Il définit la résilience comme un comportement adaptatif positif et rapide pour supporter un minimum de stress. Anders et al. (Anders et al., 2006) ont analysé un service d'urgences selon les concepts de la résilience proposés par (Westrum, 2006; Woods, 2006) afin de tester et affiner les propriétés de la résilience, la résilience a été explorée en utilisant des questionnaires et des observations sur le terrain). Nemeth et al., (2008) ont analysé la résilience de deux systèmes de soins. Dans le premier cas, ils montrent comment le personnel médical créer la résilience à travers les stratégies qu'il emploie en réponse aux changements dans la demande de soins. Dans le second, ils décrivent un concept d'une interface de dispositif de perfusion, ils démontrent comment la conception des équipements peut améliorer la résilience. (Perry et al., 2008) ont présenté un cas d'étude sur la capacité d'adaptation du personnel médical à minimiser les effets de surpeuplement/surcharge dans les services d'urgences. La résilience dans ce cadre dépend de la capacité du personnel à s'adapter et à évoluer en fonction du flux de charge. Cimellaro et al., (2008) ont tenté de

proposer un modèle organisationnel décrivant la réponse des établissements hospitaliers à un événement sismique en se basant sur les principaux paramètres de la résilience sismique (Bruneau and Reinhorn, 2007; Bruneau et al., 2003; Cimellaro et al., 2010). Le modèle vise à offrir une première approche du problème en se basant sur les aspects multidimensionnels de la résilience. Les auteurs ont défini la résilience comme une fonction indiquant la capacité à maintenir un niveau de performance ou de fonctionnement acceptable d'un bâtiment, d'un pont, des réseaux vitaux et de la communauté face à un séisme. Hunte, (2010) définit la résilience comme une stratégie visant à promouvoir la sécurité des patients dans les soins d'urgences en mettant l'accent sur la capacité d'adaptation et de prévoyance du personnel médical. Il a décrit comment les fournisseurs de soins de santé créent la résilience et la sécurité tout en faisant face à la complexité dans la pratique quotidienne de la médecine d'urgence.

3.2 Proposition de définition de la résilience d'un service d'urgences

Le concept de résilience d'un service d'urgences (SU) que nous proposons s'inspire de la résilience des systèmes sociotechniques et prend en compte les événements imprévus et les événements prévus. Dans le cas des services d'urgences, les événements prévus peuvent être définis comme générateurs de flux récurrents, pouvant présenter des variations saisonnières dont on connaît plus au moins les tendances moyennes à court ou à moyen terme (semaines, mois ou année). Les événements imprévus sont définis comme des générateurs de flux exceptionnels : menaces ou crises sanitaires (grippes, canicules, vagues de froid, etc.) non prévisibles en volume et en nature. Le service d'urgences doit être proactif pour pouvoir s'adapter aux changements des conditions avant l'occurrence de ces événements.

3.2.1 Définition de la résilience d'un SU

En ce qui concerne les services d'urgences, il n'existe aucune définition ni aucun modèle concret. Nous définissons la résilience d'un service d'urgences (SU) comme sa capacité à assurer la meilleure qualité de soins aux patients et à maintenir ses performances à un niveau acceptable face à des perturbations et/ou situations prévues ou imprévues en s'adaptant avant, pendant et après la perturbation (Farid Kadri et al., 2013a). Les trois concepts clés qui découlent de cette définition sont (figure 3):

- 1) **Anticiper** les perturbations en les détectant le plus tôt possible. Le SU doit i) surveiller l'évolution du comportement 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 pour appliquer les actions adaptées.

- 2) **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 ii) une capacité de planification des actions de correction face à ces perturbations.
- 3) **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.

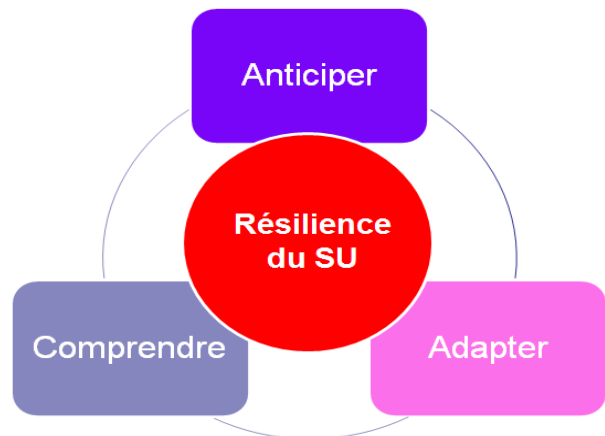


Figure 3 : Exigence de la résilience d'un service d'urgences (SU).

3.2.2 Gestion des situations de tension

En se basant sur la définition d'une situation de tension et, pour bien cerner la notion de la résilience d'un service d'urgences. Nous proposons trois modes de gestion qui correspondent à chaque état de service d'urgences (figure 4):

- **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 effi-

caces, l'état de service d'urgences passe à l'état critique. 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.

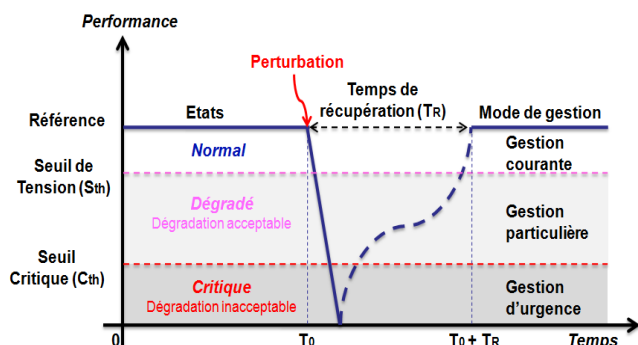


Figure 4 : Etats et modes de gestion des situations de tension dans un SU

La gestion particulière et la gestion d'urgences dépendent de la capacité du service d'urgences à réagir rapidement après la perturbation. Cette dernière dépend de la disponibilité et de la possibilité de mise en œuvre des actions de correction et du temps de récupération TR. Le temps de récupération est l'un des indicateurs les plus importants qui peut être utilisé pour mesurer la résilience des services d'urgences après la perturbation.

3.3 Evaluation de la résilience d'un SU

L'évaluation de la résilience est devenue un outil d'aide à la décision important dans de nombreux domaines : Sciences des matériaux, psychologie, biologie, informatiques, télécommunication, économie et les systèmes sociotechniques.

En pratique, l'évaluation de la résilience des systèmes sociotechniques (intégration de deux systèmes techniques et sociaux) en particulier les services d'urgences hospitalières reste toujours difficile à mettre en œuvre en raison de sa composante sociétale (individus).

Comme nous l'avons signalé précédemment, la qualité des soins du service des urgences n'est pas étudiée dans notre étude. Nous considérons ici la résilience du service comme sa capacité maintenir ses performances à un niveau acceptable face à des perturbations et/ou situations prévues ou imprévues.

La méthodologie d'évaluation de la résilience permet d'obtenir un portrait de la résilience de service d'urgences en fonction de ses paramètres fondamentaux. Cette évaluation doit aboutir non seulement à des recommandations concernant la robustesse et la faiblesse du SU mais elle doit aussi entraîner la mise en place d'un plan d'actions et de mesures concrètes pour améliorer sa résilience (Kadri et al., 2014).

Dans la section suivante on propose une procédure d'évaluation de la résilience d'un service d'urgences hospitalières.

4 PROCEDURE D'EVALUATION DE LA RESILIENCE D'UN SERVICE D'URGENCES

En se basant sur la partie précédente, la résilience d'un service d'urgences (SU) face à une perturbation peut être associée à deux paramètres :

- La performance ($Q(t)$) du service d'urgences. Les critères de performance généralement retenus par les urgentistes sont :
- le temps de séjour des patients au SU,
- la capacité de soins résiduelle qui correspond à la différence entre la capacité nominale (définie à l'état normal du SU) et la perte de capacité de soins engendrée par la perturbation.
- Le temps de récupération du service d'urgences après l'occurrence d'une perturbation.

Dans cette partie nous présentons une procédure générale permettant d'évaluer la résilience d'un service d'urgences. Les principales étapes de la procédure sont présentées figure 5.

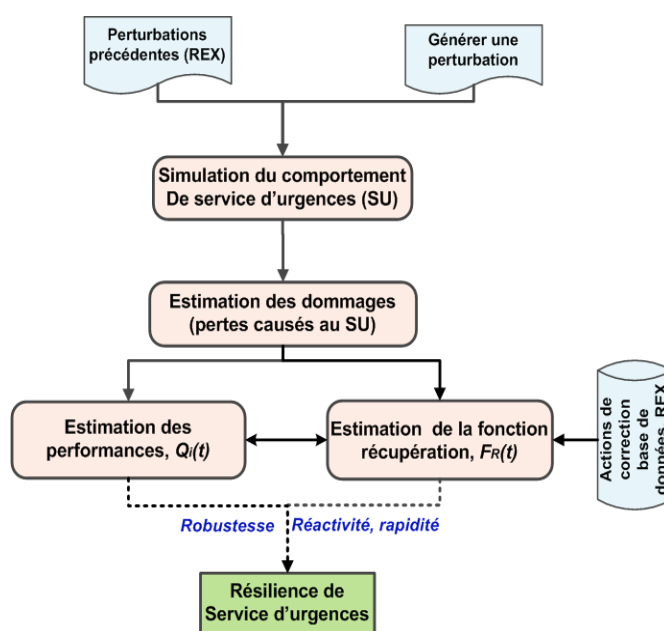


Figure 5 : Procédure générale d'évaluation de la résilience d'un SU

4.1 Génération d'une perturbation

Afin de mieux comprendre l'évolution de la perturbation et ses effets sur un service d'urgences (la réponse et la réaction de SU), l'évaluation de la résilience peut s'effectuer par :

- l'analyse de situations passées, et
- la simulation de perturbations potentielles.

$$Q(t) = f(P, A, t) \quad (1)$$

Ces deux démarches visent à identifier non seulement les actions de correction les mieux appropriées, mais aussi les relations entre les actions de correction et le temps de récupération.

4.2 Simulation du comportement de SU

La deuxième étape de la procédure a pour objectif de visualiser et d'évaluer le comportement et la réaction du SU face à cette perturbation. La simulation permet de représenter les relations et les interactions complexes entre le flux de charge en soins (patients) et la capacité de soins (ressources), les actions de correction et le temps de récupération face à une perturbation (Kadri et al., 2014).

4.3 Estimation des dommages causés au SU

En se basant sur les caractéristiques de la perturbation et la réaction du service d'urgences, cette étape nous permet d'estimer les dommages ou les pertes causées par la perturbation. Cette étape est primordiale car elle permet de quantifier :

- les pertes dans les performances de service d'urgences (allongement des temps de séjour).
- le temps de récupération du service d'urgences après la perturbation.

4.4 Estimation des performances

L'évolution de l'état du fonctionnement d'un service d'urgences peut être assimilée à un système dynamique complexe. Un service d'urgences SU comporte plusieurs sous-service (S_1, S_2, \dots, S_n), par exemple l'unité d'hospitalisation à courte durée (UHCD), l'unité d'hospitalisation traditionnelle, les examens complémentaires, etc., (Kadri et al., 2013b). L'occurrence d'une perturbation peut affecter un ou plusieurs sous-services du SU. Dans ce cas, la performance d'un service d'urgence, $Q(t)$, peut être évaluée comme suit (figure 6) :

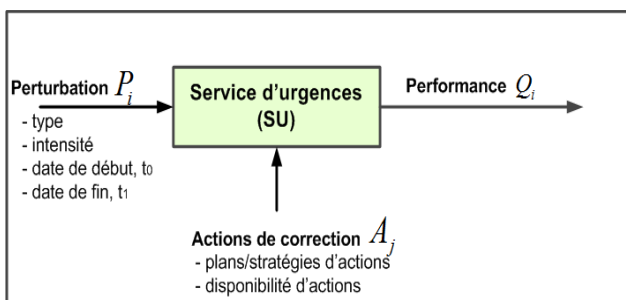


Figure 6 : La performance de service d'urgence en fonction de la perturbation et les actions de correction.

Avec :

- $\mathbf{P} = (P_1, P_2, \dots, P_p)^T$: vecteur d'entrée de dimension p . $P_i(t)$ représente la perturbation i . D'une manière générale, chaque perturbation est caractérisée par sa date de début (t_0) et sa date de fin (t_1) et l'intensité.
- $\mathbf{A} = (A_1, A_2, \dots, A_g)^T$: vecteur de dimension g des actions de correction de SU (stratégies et plans de récupération après la perturbation). A_i représente le type d'actions de corrections dont dispose le SU (exemple action sur les ressources humaines, actions sur les patients, actions sur la réorganisation spatiale de SU)
- $\mathbf{Q} = (Q_1, Q_2, \dots, Q_k)^T$: vecteur de sortie du système SU sous la perturbation, vecteur de dimension k . Les valeurs des Q_i dépendent des P_i et A_i (voir figure 6).

On considère un SU dont la performance de référence est $Q_0 = 100\%$. Après l'occurrence d'une perturbation à la date $t = t_0$, le niveau de performance baisse à un niveau $Q_1(t)$. A l'aide des moyens de récupération, le SU regagne son état de performance de référence Q_0 après un temps de récupération et à la date $t = t_1$ (voir figure 7). Par conséquent, la mesure de la résilience, R d'un service d'urgences peut être quantifiée comme suit :

$$R = \int_{t_0}^{t_1} [Q_0 - Q_1(t)] dt \quad (2)$$

En général, le temps de séjour et le temps d'attente aux urgences sont considérés comme des indicateurs pertinents et mesurables qui nous renseignent sur la performance d'un service d'urgences (Boyle et al., 2012; Kadri et al., 2014; McCarthy et al., 2000; Vieth and Rhodes, 2006).

4.5 Estimation de la fonction de récupération

4.5.1 Fonction de récupération, $F_R(t)$

Le temps de récupération (T_R), est le temps nécessaire pour restaurer les fonctionnalités du SU à un niveau désiré, qui peut être l'état initial (référence) ou un état qui permet un fonctionnement acceptable du système.

Un des indicateurs crédibles qui peut être utilisé pour mesurer la résilience d'un service d'urgences est le temps de récupération T_R après la perturbation (P), ce dernier dépend des actions de corrections et les stratégies d'actions dont il dispose le SU. Améliorer le temps de

récupération permettra à son tour d'améliorer la résilience de SU.

La modélisation de la fonction de récupération dans le cadre des services d'urgences est difficilement modélisable sous forme de modèles mathématiques pouvant décrire le processus de récupération. Néanmoins, la simulation nous permet d'estimer le temps de récupération en fonction des actions de correction déployées, ce qui pourra nous permettre de construire $F_R(t)$ selon les situations et les actions simulées.

4.5.2 Actions de correction

Comme présenté précédemment, selon les dommages causés par la perturbation, la disponibilité des actions de corrections efficaces jouent un rôle important dans la vitesse de récupération de SU. La figure 7 résume les principales actions de correction qui peuvent être mises en œuvre dans le cas d'un système hospitalier. Dans le cas des actions de correction internes au service d'urgences :

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

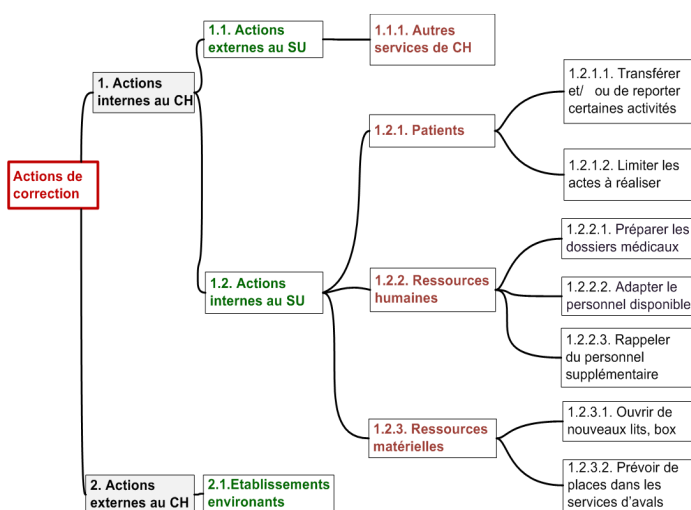


Figure 7 : Actions de corrections possibles dans un établissement hospitalier.

Pour analyser l'impact des actions correctrices internes du service d'urgences (SU), plusieurs scénarios ont été proposés et évalués dans (Kadri et al., 2014). Nous en donnons un exemple ci-dessous.

Le modèle de simulation a été implémenté avec ARENA.13.9 SIMAN. Les informations requises pour le modèle de simulation ont été recueillies à partir de la base de données de SUP et des questionnaires menées auprès du personnel soignant (Kadri et al., 2014).

4.5.3 Temps de récupération en fonction des actions de correction

Le temps d'attente entre la prise en charge par l'hôtesse d'accueil et le premier examen médical » ou attente primaire (AT) est l'indicateur le plus pertinent aux yeux des urgentistes en terme de performance du SU (Kadri et al., 2014). Nous considérons ainsi que AT représente la performance $Q(t)$ du SUP. L'évolution quotidienne de AT pour un dimanche donné de la période d'hiver (considérée comme la journée la plus encombrée) a été simulé et présenté dans la figure 8. On remarque que les arrivées de patients au SUP ont considérablement augmenté : 9 patients entre 11h00 et 11h59, et 11 patients entre 12h00 et 12h59. Cela a eu un effet quasi immédiat sur le temps d'attente des patients avant la consultation infirmière, ce qui a entraîné le dépassement des valeurs seuils (seuil de tension et le seuil critique).

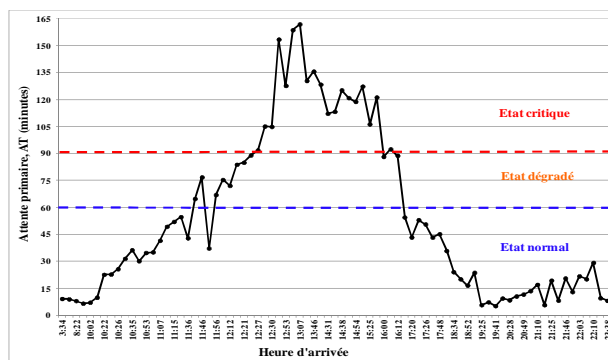


Figure 8 : Attente primaire au SUP.

Après l'occurrence de la perturbation à $t_0 = 11h16$, le niveau de performance baisse à un niveau de performance $Q(t) = 37,1\%$. Le SUP regagne son état de performance de référence Q_0 à la date $t_1 = 17h20$ (voir figure 9). Le temps de récupération $T_R = 6$ heures et 4 minutes.

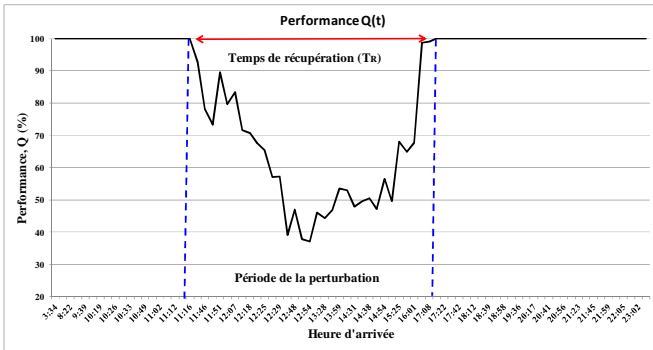


Figure 9 : performance du SUP en fonction du temps.

Pour réduire le temps de récupération (T_R), on peut agir sur les ressources (humaine et matérielle) internes au SUP (voir figure 7). Pour analyser l'impact des actions de correction sur le temps de récupération, nous avons appliqué des actions de correction à $t = 12h30$ (une heure et 15 minutes après l'occurrence de la perturbation pour tenir compte des délais de mise en œuvre des actions de correction). Les scénarios proposés sont présentés dans le tableau 1. Les résultats de la simulation sont présentés figure 10.

Scénarios	Ressources (humaines et matérielles)
Scénario 1(S1)	1 Box de consultation
Scénario 2(S2)	1 Infirmière
Scénario 3(S3)	1 Médecin
Scénario 4(S4)	1 Infirmière + 1 Médecin

Table 1: Actions de correction proposées.

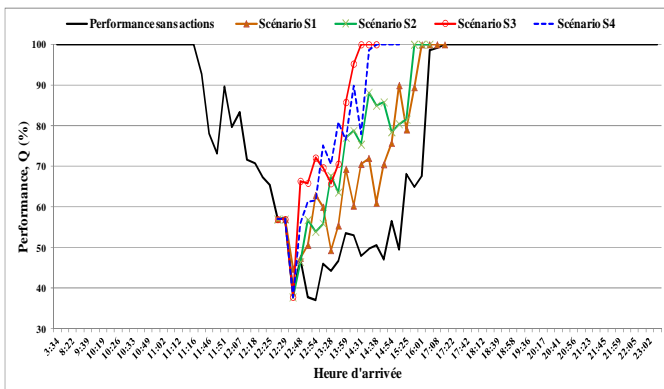


Figure 10 : Evolution de la récupération en fonction des scénarios.

Selon la figure 10, on remarque que le scénario S1 n'a quasiment pas d'influence sur l'amélioration du temps de récupération. Les scénarios S2, S3, et S4 contribuent à l'amélioration du temps de récupération. On peut noter que le scénario S3 est la meilleure alternative car il permet de réduire le temps de récupération (T_R) à 3 heures et 15 minutes, et il ne nécessite qu'une seule ressource complémentaire (1 médecin). Le scénario S4 n'a pas produit de meilleurs résultats que le scénario S3 malgré le nombre de ressources supplémentaires (infirmière + médecin).

5 CONCLUSION

Dans cet article, nous avons caractérisé et présenté les concepts de la résilience d'un service d'urgences hospitalières en nous appuyant sur la définition d'une situation de tension, les états et les actions de correction d'un SU. Nous avons proposé une démarche générique d'évaluation de la résilience d'un service d'urgences en fonction des pertes causées par une perturbation donnée.

L'évaluation de la fonction de récupération en fonction des actions de correction permet d'analyser l'impact de ces actions internes du service d'urgences (SU) sur le recouvrement de ce dernier. Elle estime le temps de récupération du SU en fonction de la disponibilité et l'efficacité des actions de correction.

La suite de nos travaux consistera à développer cette démarche dans le service d'urgences pédiatriques du Centre Hospitalier Régional Universitaire (CHRU) de Lille.

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>).

REFERENCES

- Aini, M., Fakhrol-Razi, A., 2010. Development of socio-technical disaster model. Saf. Sci. 48, 1286–1295. doi:10.1016/j.ssci.2010.04.007
- Anders, S., Woods, D., Wears, R., Perry, S., Patterson, E., 2006. Limits on adaptation: modeling resilience and brittleness in hospital emergency departments, in: 2nd Symposium on Resilience Engineering. Presented at the 2nd Symposium on Resilience Engineering, Juan-les-Pins, France.
- Boyle, A., Beniuk, K., Higginson, I., Atkinson, P., 2012. Emergency Department Crowding: Time for Interventions and Policy Evaluations. Emerg. Med. Int. 2012. doi:10.1155/2012/838610
- Bruneau, M., Chang, S.E., Eguchi, R.T., Lee, G.C., O'Rourke, T.D., Reinhorn, A.M., Shinozuka, M., Tierney, K., Wallace, W.A., von Winterfeldt, D., 2003. A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities. Earthq. Spectra 19, 733–752. doi:10.1193/1.1623497
- Bruneau, M., Reinhorn, A., 2007. Exploring the Concept of Seismic Resilience for Acute Care Facilities.

- Earthq. Spectra 23, 41–62.
doi:10.1193/1.2431396
- Cimellaro, G., Fumo, C., Reinhorn, A., Bruneau, M., 2008. Seismic resilience of health care facilities, in: World Conference on Earthquake Engineering. Presented at the World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China, pp. 12–17.
- Cimellaro, G., Reinhorn, A., Bruneau, M., 2006. Quantification of seismic resilience, in: Proceedings of the 8th U.S. National Conference on Earthquake Engineering. Presented at the 8th U.S. National Conference on Earthquake Engineering, San Francisco, California, USA, p. 10 pages.
- Cimellaro, G.P., Reinhorn, A.M., Bruneau, M., 2010. Framework for analytical quantification of disaster resilience. *Eng. Struct.* 32, 3639–3649. doi:10.1016/j.engstruct.2010.08.008
- Hale, A., Heijer, T., 2006. Defining resilience, in: Resilience Engineering: Concepts And Precepts. Presented at the Resilience Engineering: Concepts And Precepts, E. Hollnagel, DD. Woods and N. Leveson (eds.), Aldershot, UK: Ashgate, pp. 35–40.
- Hollnagel, E., 2009. The four cornerstones of resilience engineering, in: Nemeth, C., Hollnagel, E., Dekker, S. (Eds.), Resilience Engineering Perspectives, Volume 2. Ashgate, pp. 117–134.
- Hollnagel, E., 2011. Resilience engineering in practice a guidebook. Ashgate, Farnham, Surrey, England; Burlington, VT.
- Hunte, G., 2010. Creating Safety in an Emergency Department. The University Of British Columbia, Vancouver, Canada.
- Kadri, F., Chaabane, S., Tahon, C., 2013a. Service d'urgences hospitalières : situations de tension et résilience. Presented at the JD-JN-MACS, Strasbourg, France, p. 6.
- Kadri, F., Chaabane, S., Tahon, C., 2014. A simulation-based decision support system to prevent and predict strain situations in emergency department systems. *Simul. Model. Pract. Theory* 42, 32–52. doi:10.1016/j.simpat.2013.12.004
- Kadri, F., Chatelet, E., Birregah, B., 2014. Natural Disaster Impacts on Critical Infrastructures: A domino effect-based study. *J. Homel. Secur. Emerg. Manag* (Accepted May 2014).
- Kadri, F., Pach, C., Chaabane, S., Berger, T., Trentesaux, D., Tahon, C., Sallez, Y., 2013b. Modelling and management of the strain situations in hospital systems using an ORCA approach, IEEE IESM, 28-30 October. RABAT - MOROCCO, p. 10.
- Kadri, F., Harrou, F., Chaabane, S., Tahon, C., 2014. Time series modelling and forecasting of emergency department overcrowding. *J. Med. Syst.* 38 (9), 1-20. DOI 10.1007/s10916-014-0107-0
- Lundberg, J., Johansson, B., 2007. Pragmatic resilience, in: In Proceedings of the Resilience Engineering Workshop. Presented at the In Proceedings of the Resilience Engineering Workshop, R. Woltjer, J. Lundberg and B. Johansson (eds.), Vadstena, Sweden.
- McCarthy, K., McGee, H.M., O'Boyle, C.A., 2000. Outpatient clinic waiting times and non-attendance as indicators of quality. *Psychol. Health Med.* 5, 287–293. doi:10.1080/713690194
- Perry, S., Wears, R., Spillane, J., 2008. When worlds collide: two medication systems in one emergency department, in: Hollnagel E, Pieri F, Rigaud E, Editors. Proceedings of the 3rd Resilience Engineering Symposium. Presented at the Hollnagel E, Pieri F, Rigaud E, editors. Proceedings of the 3rd Resilience Engineering Symposium, ' Ecole des mines de Paris. Antibes— Juan-Les-Pins, France: Mines ParisTech Les Presses.
- Rigaud, E., 2011. Resilience and safety management: ideas for innovating in industrial safety.
- Vieth, T.L., Rhodes, K.V., 2006. The effect of crowding on access and quality in an academic ED. *Am. J. Emerg. Med.* 24, 787–794. doi:10.1016/j.ajem.2006.03.026
- Westrum, R., 2006. A Typology of Resilience Situations, in: Hollnagel, E., Woods, D., Leveson, N. (Eds.), Resilience Engineering: Concepts And Precepts. Ashgate Publishing, pp. 55–65.
- Woods, D., 2006. Essential characteristics of resilience, in: Resilience Engineering : Concepts and Precepts. Presented at the Resilience engineering : Concepts and precepts, E. hollnagel, D.D. woods and N. leveson (eds.), Aldershot, UK Ashgate, pp. 21–33.
- Wreathall, J., 2006. Properties of Resilient Organizations: An Initial View, in: Hollnagel, E., Woods, D., Leveson, N. (Eds.), Resilience Engineering: Concepts And Precepts. Ashgate Publishing, pp. 275–285.