

Méthodologie organisationnelle des processus: application au domaine hospitalier

Mouna Berquedich

Laboratoire des technologies innovantes (LTI)
Université Abdelmalek saadi
Tanger, Maroc
Berquedich.mouna@gmail.com

Oualid Kamach

Laboratoire des technologies innovantes (LTI)
Université Abdelmalek saadi
ENSA de Tanger, Maroc
okamach@yahoo.fr

Malek Masmoudi

Université Jean Monnet
Laboratoire Génie industriel
Roanne, France
malek.masmoudi@univ-st-etienne.fr

Laurent Deshayes

Laurent.deshayes@gmail.com

Abstract— Ce travail aborde l'expression des besoins en ressources hospitalières (durées de séjour, charges diverses, temps de passage...) durant les périodes normales et anormales de fonctionnement des services d'Urgences. Il s'agit de mener une réflexion prospective sur les leviers organisationnels (dimensionnement et planification des ressources) avec des approches de recherche opérationnelle et de simulation. Une étude de cas a été menée au sein de CHR de Tanger afin de prélever les situations de tension dans les services des urgences.

Keywords— *milieu hospitalier, capacité, la mutualisation des ressources, AIS.*

I. ETAT DE L'ART

Ces dernières années, la production de soins a évolué pour s'adapter à la complexité de prise en charge des patients notamment vis-à-vis des ressources disponibles matérielles et humaines.

Actuellement, on tend vers une vision de service de soin qui privilégie la complémentarité et la coordination des acteurs de santé. Cette vision consiste à associer une bonne gestion de production de soins qui nécessite une maîtrise des flux des patients hospitaliers.

Plusieurs travaux ont traité la gestion des situations de tension dans les services hospitaliers, et plus particulièrement dans le service des urgences comme Saber Darmoul [1] et Kadiri [3] en simulant ce service avec différentes approches.

Parmi leurs travaux ; la notion de résilience qui joue un rôle très important dans l'anticipation, la réduction et la gestion efficace des perturbations qui peuvent générer des situations de crise dans les services d'urgences hospitalières.

D'autres travaux [3] ont traité Le modèle 'Autoregressive Intergated Moving Average' (ARIMA) qui a été appliqué aux arrivées quotidiennes des patients aux services d'urgences. Son but est de prévoir avec exactitude les exigences des services d'urgences.

Dans le milieu hospitalier du CHR Tanger, les services d'urgences se perturbent à la réception de plusieurs patients. L'objectif ultime est que l'hôpital doit faire face à cette tension.

Afin de mieux gérer les cas de perturbation dans les services des urgences, nous proposons d'exploiter les AIS 'Artificial Immune System' (AIS) inspiré du système immunitaire biologique.

Dans la nature, le système immunitaire constitue une arme contre des intrus dans un corps donné. Il s'agit des antigènes qui éliminent les intrus. Elles sont des cellules qui stimulent la 'réponse immunitaire biologique' [2,3].

Ce mécanisme est assez compliqué pour qu'une simulation artificielle soit réalisée d'une façon complète. Par contre, les chercheurs ont réussi à simuler les fonctions les plus pertinentes pour que l'artificiel hérite le maximum des fonctionnalités naturelles dans le domaine de la reconnaissance des formes [4].

Par similitude, Les services d'urgences reçoivent des flux importants dans des périodes définies de l'année, et parfois d'une manière imprévue (l'exemple lors des accidents), soit pour des traitements médicaux ou chirurgicaux ou d'autres. Souvent, les moyens sanitaires de routine classique 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.

II. Les perturbations dans le milieu Hospitalier

Le service des urgences fait partie des infrastructures critiques d'un établissement hospitalier [2,3], il est souvent confronté à des événements et/ou des situations exceptionnelles: augmentation du nombre de patients résultant des épisodes épidémiques (catastrophes naturelles, attaques terroristes et accidents ...), réduction des ressources, et apparition de pathologies complexes nécessitant un temps de traitement important .

Les conséquences de ces perturbations sur les services des urgences hospitalières peuvent varier d'un simple pic d'activité jusqu'à une situation de crise, en passant par les situations de tension [3].

III. Situation de tension du Service d'urgence

Les situations de tension peuvent être définies à partir de différents points de vue 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 seuil est dépassée [3] :

1) **charge en soins** : elle est en fonction du nombre de patients entrants, du nombre de patients sortants, 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.

Pour la capacité du soin, on définira deux types de capacité :

- Capacité théorique : c'est le rendement de la ressource travaillant avec sa capacité maximal.
- Capacité réel : C'est la capacité de la ressource en retranchant le temps de son dysfonctionnement.

Les principaux facteurs qui peuvent jouer sur l'équilibre sont :

- **les facteurs influençant le nombre d'entrées** (flux des patients) : les épidémies saisonnières (grippe, rhume, gastro-entérite, bronchiolite, etc...), les accidents (accidents de travail, des usines et les accidents routiers).
- **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).

IV. Les Systèmes immunitaires biologiques

A. Le système immunitaire Naturel NIS

Le système immunitaire biologique est mieux défini par son rôle, lequel consiste à protéger et à défendre l'organisme hôte contre les éléments qui lui sont nuisibles.

Le NIS est un système complexe qui peut être vu de différents angles : molécules, cellules et organes. Le système doit protéger le corps des entités dangereuses appelées antigène [5].

B. L'architecture du système immunitaire

Le système immunitaire possède une architecture multicouche [6,7,8] qui est constituée de deux couches interliées qui sont le système immunitaire inné et le système immunitaire adaptatif ou acquis (Figure 1) [8].

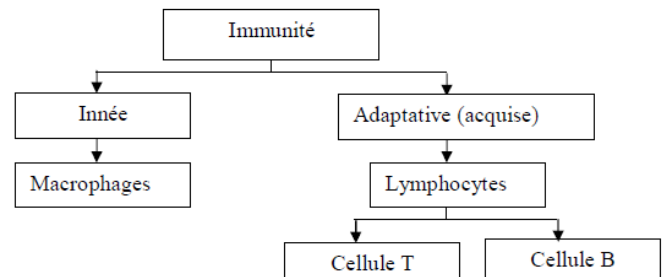


Figure1. Architecture du système immunitaire [8]

Les éléments de base du NIS sont les globules blancs ou lymphocytes. Pour pouvoir identifier les autres molécules, des lymphocytes particuliers (cellules B) produisent des récepteurs, appelés anticorps (paratope), responsables à reconnaître des antigènes. Le paratope se lie à une partie spécifique de l'antigène appelée épitope. Le degré de cette liaison ou affinité est très fort si seulement les deux formes sont complémentaires.

Ainsi, la reconnaissance d'un antigène par une cellule B est en fonction de l'affinité entre les anticorps de la cellule B et cet antigène. Les cellules B qui reconnaissent mieux l'antigène vont être proliférées en se clonant, selon le principe de la sélection clonale [9]. Les clones subissent alors des mutations somatiques qui vont promouvoir leur variation génétique. Lorsque la population atteint la maturité, les clones se différencient en cellules mémoires et cellules plasma. Cette expansion clonale confère au système immunitaire sa mémoire. D'un autre côté, les cellules B avec une faible affinité seront mutées, ou détruites par sélection négative [10].

Les principales idées utilisées pour la conception du méta heuristique sont les sélections opérées sur les lymphocytes, accompagnées par les rétroactions positives permettant la multiplication et la mémoire du système.

V. AIS : Le système immunitaire artificiel

Le système immunitaire naturel représente une source d'inspiration pour différents chercheurs dans divers domaines.

La diversification des approches utilisées inspiré du système immunitaire biologique rend la définition d'un système immunitaire artificiel compliquée.

« Les systèmes immunitaires artificielles sont des systèmes adaptatifs, inspirés de l'immunologie théorique, et de l'observation des fonctions, des principes et des modèles immunitaires, et qui sont appliqués à la résolution des problèmes » [11].

Dans ce sens, Decastro et Timmis (2002) proposent un cadre « framework » pour l'ingénierie d'un système immunitaire artificiel. Ce cadre repose sur :

- Une présentation pour les composants du système. Cette représentation sert à créer des modèles des organes, cellules et molécules immunitaires.
- Un ensemble de mécanismes pour évaluer les interactions des composants avec l'environnement et entre eux. L'environnement est généralement simulé par un ensemble de stimuli d'entrées. Les interactions sont quantifiées par une ou plusieurs fonctions, nommées fonctions d'affinité.
- Des procédures d'adaptation qui gouvernent la dynamique du système. C'est-à-dire comment son comportement varie dans le temps [11].

---L'approche utilisée dans les algorithmes AIS est la proche de celle des algorithmes évolutionnaires mais a également été comparée à celle des réseaux de neurones. On peut, dans le cadre de l'optimisation, difficilement considérer les AIS comme une forme d'algorithmique évolutionnaire présentant des opérateurs particuliers. Pour opérer la sélection, on se fonde par exemple sur une mesure d'affinité (*i.e.* entre le récepteur d'un lymphocyte et un antigène), La mutation s'opère quant à elle via un opérateur d'hyper-mutation directement issu de la métaphore. Au final, l'algorithme obtenu est très proche d'un algorithme génétique.

En étudiant les systèmes immunitaires artificiels nous avons pu apercevoir qu'ils sont adaptés pour nous donner la solution optimale lors des périodes de tensions et ce en utilisant la notion de soi et de non soi pour définir les cas de tensions qui ont déjà eu lieu à l'hôpital pour la première fois.

L'objectif est de parvenir à proposer une réorganisation qui s'adaptera parfaitement avec la situation présentée.

A. La boucle générationnelle

A chaque génération, un algorithme évolutionnaire effectue un "tour de boucle " qui enchaîne l'application de ces opérateurs sur la population :

1. Pour la reproduction : sélection des parents parmi une population de μ individus pour engendrer λ enfants.
2. Croisement et mutation à partir des λ individus sélectionnés engendrant les λ enfants.
3. Evaluation des performances des enfants.
4. Sélection pour la survie de μ individus parmi les λ enfants et μ parents, ou uniquement parmi les λ enfants selon le jeu du paramètre choisi pour l'algorithme, afin de former la population à la génération suivante.

La figure 2 représente cette boucle graphiquement en insérant le test d'arrêt et on y ajoutant la phase d'initialisation de la population. On notera que les formes hexagonal se rapportent à des opérations dépendante de la représentation choisie, tandis que les 'carrés arrondis' figurent les opérateurs de sélection indépendants de la représentation.

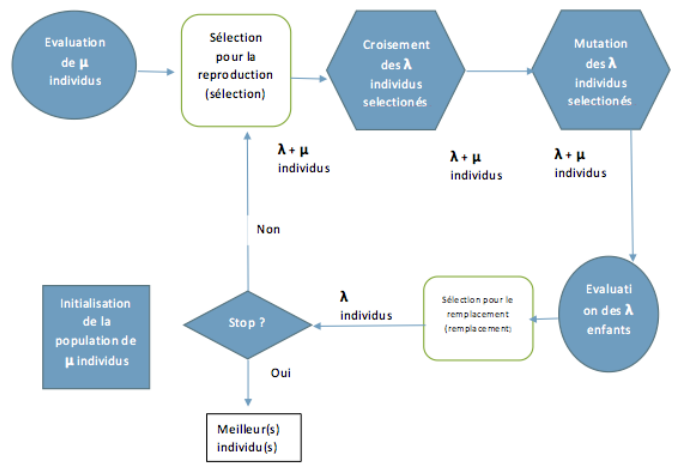


Figure 2. L'algorithme évolutionnaire générique.

B. Algorithme de sélection négative

Il sert à détecter des changements ou des variations dans un ensemble initialement définis.

Le principe c'est que l'ensemble des éléments soi sont connus, le rôle de cet algorithme est de générer un ensemble de cellules immunitaires appelées détecteurs, capable de reconnaître toute autre cellule sauf celles qui appartiennent à l'ensemble de soi.

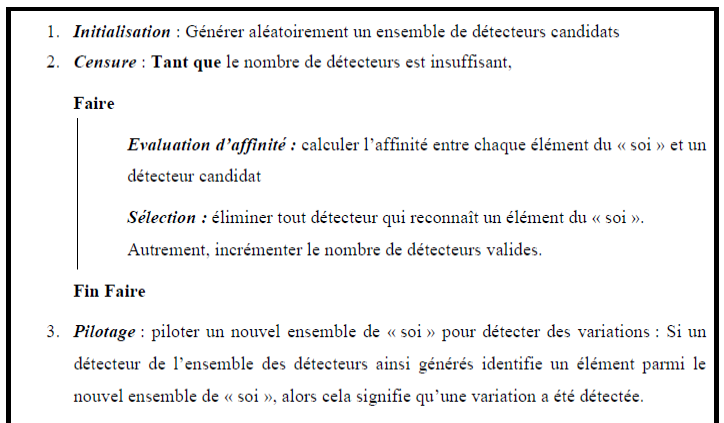


Figure 3 : Algorithme sélection négative [de Castro, 2002][14,15,16]

C. Algorithme de sélection clonale

Cet algorithme sert à optimiser l'affinité des cellules immunitaires aux antigènes.

Cet algorithme de sélection clonale permet de reproduire un ensemble de cellules immunitaires appelées anticorps (lymphocytes) capable de détecter les antigènes. Une reproduction des cellules qui sont capables de reconnaître les antigènes en fonction de leurs degrés d'affinité avec les antigènes.

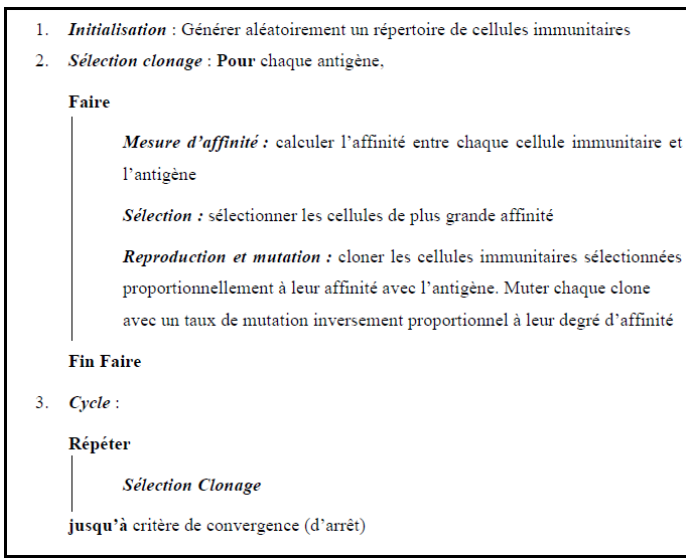


Figure4 : Algorithmes sélection clonale [de Castro, 2002] [14,15,16]

VI. Génération d'une perturbation

Afin de mieux gérer les situations de tension dans le service des urgences nous avons choisi de recourir aux algorithmes AIS en considérant un ensemble de solutions formants un historique, déjà enregistré. Si la perturbation coïncide avec une solution déjà enregistrée, on effectue un recourt à cette solution sinon on génère une autre solution optimale répondant au critère d'affinité :

Exemple d'Algorithme système immunitaire Artificiel

Générer un ensemble de solutions P ; composé d'un ensemble de cellules mémoires P_m ajoutées à la population présente P_r : $P = P_m + P_r$;

Déterminer les n meilleures cellules P_n parmi la population P , en se fondant sur la mesure de l'affinité ;

Cloner les n individus pour former une population C . le nombre de clones produits pour chaque cellule est fonction de l'affinité ;

Effectuer une hyper mutation des clones, engendrer ainsi une population C^* . La mutation est proportionnel à l'affinité ;

Sélectionner les individus de C^* pour former la population mémoire P_m ;

Remplacer les plus mauvais individus dans P pour former P_r ;

Si un critère d'arrêt n'est pas atteint, retourner en 1

VII. Etude de cas : Le service des urgences de l'hôpital M5

La prise en charge des flux des patients, en particulier, les flux entrants massifs lors des saisons bien définis ou bien lors des situations exceptionnelles au niveau des services d'urgences (SU) est un problème difficile à gérer vu les ressources disponibles et le passage systémique de tout le flux

des patients par le SU. Pour gérer ce flux de patients massif, les services d'urgences nécessitent des ressources humaines et matérielles importantes, cependant, limitées. Dans ces conditions, le SU M5 est confronté très fréquemment à des situations de tension. Pour faire face à ces situations, les services d'urgences (SU) n'ont pas d'autres choix que de s'adapter et de proposer des solutions qui vont alléger la pression sur ce service en développant des parcours de soin en amont et en aval du SU.

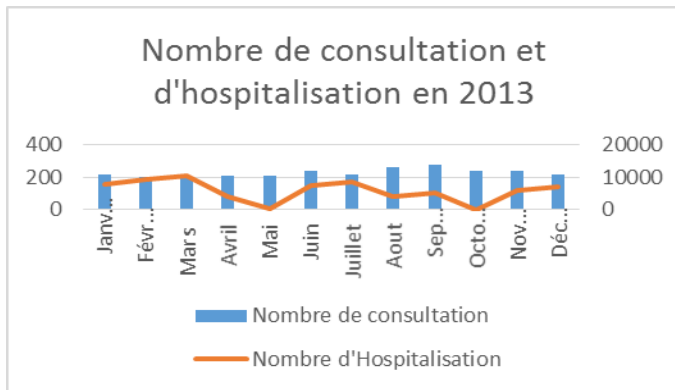
VIII. Etat de Service des urgences M5

A. Présentation du problème

Les Services d'Accueil des Urgences au Maroc sont confrontés à des flux de patients entrants qui ne cessent de croître. Ainsi au CHU M5 de Tanger, nous avons observé une augmentation du nombre de passages aux urgences qui sont passés de 132663 en 2013 à 136190 en 2014 . Le nombre de patients présents est directement et forcément corrélé à la fois au nombre d'entrées horaires et au temps de passage. Le temps de passage au SU dépend de la qualité de l'organisation interne du service, et surtout de la gestion des flux d'aval pour les patients nécessitant une hospitalisation. Ce temps crée en finalité une tension au niveau du service et un gaspillage même au niveau des ressources. Il faut désencombrer le SU en agissant sur le temps de passage qui doit rester un élément prioritaire. Ci-dessous des données montrant la tension et les pics qu'a connus le service de M5 dans les deux dernières années 2013-2014 :

Mois	Nombre de consultation	Nombre d'Hospitalisation
Janvier	10982	159
Février	9975	183
Mars	9821	208
Avril	10295	78
Mai	10364	2
Juin	11959	148
Juillet	10950	168
Aout	13143	83
Septembre	13698	101
Octobre	12085	0
Novembre	12049	119
Décembre	10865	143

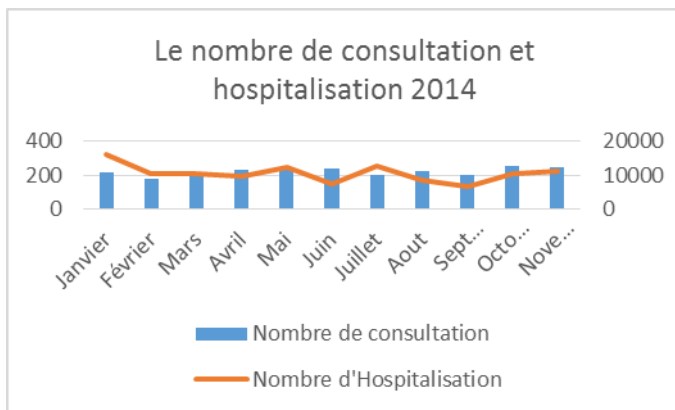
Tableau 1. Nombre de consultation et hospitalisation au SU 2013



Graph 1. Nombre de consultation et hospitalisation en 2013

Mois	Nombre de consultation	Nombre d'Hospitalisation
Janvier	10760	324
Février	8952	207
Mars	10985	206
Avril	11476	197
Mai	11659	246
Juin	12084	147
Juillet	10200	254
Aout	11200	173
Septembre	10083	134
Octobre	12880	210
Novembre	12300	222

Tableau 2. Nombre de consultation et hospitalisation au SU en 2014



Graph 2. Nombre de consultation et hospitalisation en 2014

Les pics des situations de tension qu'on pourra déduire à partir des graphes concernent les mois d'octobre et novembre où les gripes surviennent et Juin et Juillet à cause des accidents et intoxications qui augmentent.

Alors la question qui se pose c'est comment faire face à ces pics dans des telles périodes de tensions ?

Comment proposer la bonne réorganisation qui facilitera le passage fluide du patient au niveau du service des urgences ?

B. Présentation des ressources

SERVICE	Médecin	CAP Psychiatrie	Inf.Poly valent	ASBP 1 et 2	Adjoint Technique	Total
Urgence	12	6	8	6	1	28

Tableau 3. Les ressources affectées aux SU CHR Tanger

L'affectation du personnel ressources est un des problèmes majeurs pour le bon fonctionnement de la SU car plusieurs variables rentrent lors de l'affectation de chaque ressource : d'une part leurs compétences et disponibilités et, d'autre part, le flux patients.

Ce qu'on constate généralement au niveau du SU de CHR Tanger c'est qu'il n'y a pas une charge équilibrée entre les différents services. Généralement on se retrouve devant des situations où impliquées (disponibilité, compétences, etc,..)

C. Cartographie processus du passage du patient au niveau du SU M5 Tanger :

Dans la figure 5 on trouve le processus du passage du patient depuis son entrée jusqu'à sa sortie.

Ce processus global sera divisé en plusieurs sous processus :

Processus d'évaluation ; processus Urgence Vitale ; processus Surveillance et processus soin simple

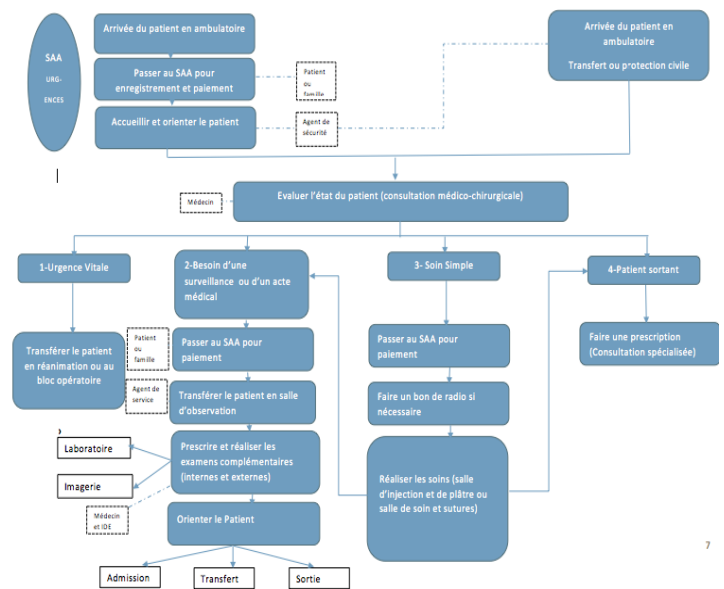


Figure 5. Cartographie processus du passage des patients

IX. Organisation interne des services des urgences

A. Le Processus Global de prise en charge du patient

Le diagramme de la figure 6 montre le processus global de prise en charge du patient, ce processus principal est composé de plusieurs autres processus qui sont décomposés aussi en sous processus.

Xème Conférence Internationale : Conception et Production Intégrées, CPI 2015, 2-4 Décembre 2015, Tanger - Maroc.

Xth International Conference on Integrated Design and Production, CPI 2015, December 2-4, 2015, Tangier - Morocco.

On considère le processus depuis l'accueil du patient dans le service des urgences jusqu'à sa sortie du bloc.

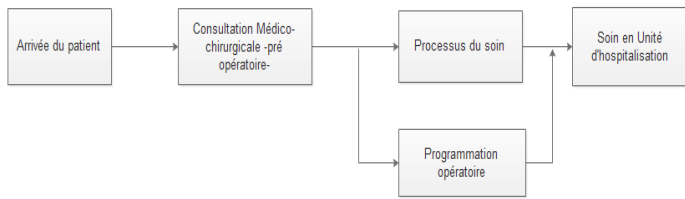


Figure6. Processus global de prise en charge du patient

Après l'arrivée du patient aux services des urgences, le médecin généraliste évalue son état, après qu'il conclu que le patient a besoin d'un acte médical ou une surveillance, il le transfère vers la salle d'observation ou il va être examiné par des spécialités qui vont lui demander de compléter son bilan avec des données externes (laboratoire, scanner ou imagerie).

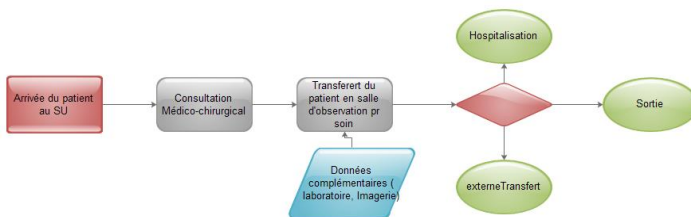


Figure7. Les étapes du processus soin

Dans le cas de l'arrivée du patient en urgence vitale, il passe directement à la salle de réanimation et après il sera hospitalisé.

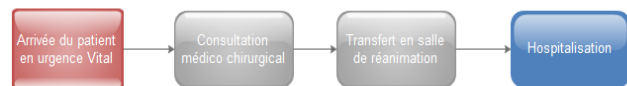


Figure8. Le processus d'arrivée du patient en urgence vitale

Cela fait de nombreuses années que les urgences sont confrontées à une augmentation du nombre de patients. «Cela est notamment lié aux carences d'organisation.

Le principal problème ne concerne pas l'amont des services des urgences mais il est tributaire de l'aval : c'est la grande difficulté que les médecins rencontrent pour faire sortir les patients des urgences.

C'est pour cette raison, et lors de la conception du modèle, permettant par la suite la réorganisation des ressources en fonction de la situation de tension rencontrée, qu'il faut prendre en considération la capacité des ressources de l'aval du SU.

L'objectif principal est de proposer via la modélisation et la simulation des solutions rapides et pertinentes aux problèmes organisationnels présentés lors des périodes de tensions dans l'environnement hospitalier.

Des fonctionnalités reposant sur la planification, l'ordonnancement et le pilotage devront également être intégrées pour couvrir l'éventail des problèmes liées à l'organisation de systèmes de soins.

Conclusion et Perspectives

Le milieu hospitalier doit posséder des capacités de réactivités face à l'imprévu soit au niveau des variations des ressources (disponibilité des ressources, ré-ordonnancement, logistique ...) soit vis-à-vis d'une variation forte de la demande. Pour assurer cette réactivité, il faut faire face aux problèmes d'ordonnancement, ainsi que la réorganisation et l'implantation au niveau des SU.

Dans ce contexte, ce papier propose, une méthodologie d'adaptation aux modifications structurelles des processus hospitaliers en terme d'ajustement de la capacité des équipements, de mutualisation (et de permutation) des ressources, ainsi que de leur affectation. Pour cela il sera nécessaire d'exprimer les besoins en ressources hospitalières (durées de séjour, charges diverses,...) durant les périodes normales et anormales de fonctionnement.

Références

[1] Saber Darmoul, Henri Pierreval, Sonia Hajri Gabouj Scheduling Using Artificial Immune System Metaphors, vol.2, pp 3-5, oct.2006.

[2,3] Hiba Khelil, ' Application du système immunitaire artificiel ordinaire et amélioré pour la reconnaissance des caractères artificiels', Revue « Nature et Technologie ». n° 02, pp 9-13, Janvier 2010.

[4] Goodman D, Boggess L,' Watkins A. Artificial immune system classification of multiple class problems', 2002.

[5] J. Timmis & T. Knight & L.N. De Castro & E.Hart, «An overview of Artificial immune Systems », Natural computation series, pp 51-86, Springer, 2004.

[6] J. Kim « Integrating Artificial Immune Algorithms for Intrusion Detection », PhDThesis, University College London, 2002.

[7,8] De Castro .L.N & Von Zuben .F.J «Artificial Immune Systems: Part I - Basic theoryand applications », Technical report, TR-DCA-01/99, December 99.

[9-10] Hiba Khelil, ' Application du système immunitaire artificiel ordinaire et amélioré pour la reconnaissance des caractères artificiels', pp 2-5, 2008.

[11] Saber Darmoul, Etude de la contribution des systèmes immunitaire artificiels aux pilotages de systèmes de

production en environnement perturbé, Université Clermont Ferrand, 2012.

[12] Garrett S.M., “How do we evaluate artificial immune systems?” *Evolutionary Computation*, Vol. 13, pp145-178, 2005.

[13, 14] De Castro L. N. and Von Zuben F. J., “Immune and neural network models: theoretical and empirical comparisons”, *International Journal of Computational Intelligence and Applications (IJCIA)*, Vol. 1, pp239-257, 2001.

[15] De Castro L. N. and Von Zuben F. J., “Learning and optimization using the clonal selection principle”, *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, Special issue on Artificial Immune Systems, Vol. 6, No. 3, pp239-251, 2002.

[16] De Castro L. N., “Immune, Swarm and Evolutionary Algorithms: Part I – Basic models Proceedings Of the ICONIP Conference (International Conference on Neural Information Processing), Workshop on Artificial Immune Systems, Vol. 3, pp1464-1468, November 2002.