

Aide au pilotage des organisations en réseau, coordination du réseau de prise en charge des urgences

ZHANG TIAN¹, ALAIN GUINET², MARIA DI MASCOLO³, ERIC MARCON¹

¹ Laboratoire d'Analyse des Signaux et des Processus Industriels
IUT de Roanne, 20 av. de Paris, 42300 Roanne, France

² Laboratoire d'Informatique pour l'Entreprise et les Systèmes de Production
INSA de Lyon, 20 av. Einstein, 69621 Villeurbanne, France

³ Laboratoire des Science pour la Conception, l'Optimisation et la Production de Grenoble
INP de Grenoble, 46, av. Félix Viallet - 38031 Grenoble cedex 1, France

tian.zhang@insa-lyon.fr, alain.guinet@insa-lyon.fr, maria.di-mascolo@g-scop.inpg.fr, marcon@univ-st-etienne.fr,

Résumé — L'objectif de ce travail est de s'inspirer des méthodes existantes sur la thématique du management de la chaîne logistique manufacturière, afin d'améliorer le pilotage de la filière de prise en charge des urgences. Le problème de la coordination des acteurs du réseau des urgences médicales est ciblé et approché en utilisant les approches multi-agents, plus spécialement le Contract Net Protocol (CNP). Le système actuel et deux nouveaux systèmes de régulation sont modélisés et simulés avec Rockwell ARENA 10.0, sous la proposition d'un accès unique aux urgences. Les résultats montrent que nos propositions peuvent améliorer le pilotage de la filière de prise en charge des urgences en terme de coûts, de satisfaction des patients et du temps de prise en charge.

Mots clés — Urgences médicales, SCM, Multi-agents, CNP, Coordination d'acteurs

I. INTRODUCTION

La filière de prise en charge des urgences joue un rôle important dans le système de santé français, qui a pour mission, à l'heure actuelle, de prendre en charge des patients en toute situation de détresse médicale ressentie à tort ou à raison par le patient ou son entourage. La chaîne des urgences médicales est composée des acteurs publics et privés qui interviennent à différents niveaux, et qui assument des tâches de nature différente mais reliées entre elles par le flux des patients.

Contraints par des réglementations strictes et des difficultés accrues, les acteurs de santé affrontent aujourd'hui une situation délicate. Néanmoins ils doivent assurer la continuité, la qualité et la sécurité des soins, tout en optimisant les critères d'efficacité, telles que la maîtrise des coûts, l'utilisation rationnelle des ressources, l'amélioration de la qualité de la prise en charge, etc. Malgré les réformes et les efforts mis en place, les solutions sont loin d'être optimales. Principalement, la coopération et la coordination entre les acteurs de la chaîne des urgences médicales restent insuffisantes. Aussi, il est nécessaire de poursuivre l'investissement et d'exploiter de nouvelles méthodes pour optimiser le pilotage et le management de l'ensemble du réseau.

Les outils d'aide à la décision sont multiples. Ils peuvent combiner des techniques issues de la Recherche Opérationnelle, de la Simulation, des Bonnes Pratiques, ..., et ne peuvent être opérants sans l'existence d'un système d'information de

l'organisation considérée. L'objectif de ce travail est avant tout de dresser un panorama des outils d'aide à la décision disponibles pour le pilotage et le management de la chaîne logistique dans le contexte manufacturier, puis de préconiser tout en s'inspirant de ceux-ci, des outils d'aide au pilotage dans le contexte de la filière de prise en charge des urgences.

Cet article est constitué de trois parties. Suite à l'introduction, la section 2 est consacrée à l'étude de la filière des urgences médicales et des problématiques associées. Les résultats de la recherche bibliographique en terme de la coordination de la chaîne logistique et de synchronisation des flux des urgences médicales seront présentés dans la section 3. Une démarche de résolution utilisant une approche multi-agents, plus particulièrement le modèle de négociation informatique Contract Net Protocol (CNP), sera proposée et discutée dans la section 4, on y trouve également les éléments constitutifs de l'expérimentation et de l'interprétation des résultats. Une dernière partie sera dédiée à la conclusion et aux perspectives.

II. FILIERE DES URGENCES MEDICALES, L'ETUDE DE L'EXISTANT

En France, la population recourt de plus en plus fréquemment aux services d'urgence hospitaliers en raison de son libre accès, de sa proximité, de la gratuité des soins et de la rapidité de la prise en charge. Les français expriment une grande confiance envers les services hospitaliers. Par conséquent, le nombre de passages aux urgences augmente au fil des ans. Les pouvoirs publics français suivent de très près le problème de l'affluence aux urgences et recherchent des solutions pertinentes.

2.1 Constats des urgences médicales en France

Définie par la loi du 6 Janvier 1986, la mission du système d'aide médicale urgente est de : « faire assurer aux malades, blessés, et femmes enceintes, dans quelque endroit qu'ils se trouvent, les soins d'urgence appropriés à leur état ». On ne trouve pas par contre de définition légale de l' « Urgence » à ce jour. Ce fait est un facteur explicatif de l'écart qu'il peut exister entre l'urgence ressentie par les patients et l'urgence clinique. En réalité, les cas exigeant la mobilisation immédiate et rapide de moyens pour sauver un malade dont le pronostic vital est en jeu, sont rares. Les services d'urgence sont devenus aujourd'hui, très paradoxalement, des services de consultations

non programmées. Les études de « l'activité des services d'urgence en 2004 » publiées en septembre 2006 montrent que près de 80% des patients qui se présentent aux services d'urgence retournent à leur domicile après une simple consultation (16%) ou des examens complémentaires (65%). Près de 20% des patients sont hospitalisés après un passage aux urgences, 91% d'entre eux sont hospitalisés en cours de séjour (médecine, chirurgie ou obstétrique), 86% de ces patients sont hospitalisés dans un établissement d'accueil, les autres sont transférés à l'extérieur. En outre, 6% des patients sont orientés en psychiatrie, 1,4% en soins de suite, et 1,2% en long séjour (Dominique Baubeau, Valérie Carrasco, 2003).

Deux tiers des Français considèrent les services d'urgence comme un lieu où l'on peut se faire soigner en permanence par des professionnels techniquement qualifiés, ceci en toute sécurité, et être rapidement pris en charge en bénéficiant de moyens modernes d'investigation (La Cour des Comptes, 2006). Les statistiques annuelles des établissements de santé (SAE) nous renseignent sur la part importante des établissements de santé publics se consacrant à l'urgence qui représente 84% des passages aux urgences en 2004. Les services d'accueil et de traitement des urgences (SAU), des établissements possédant certains moyens lourds (réanimation, plateaux techniques, ...), prennent en charge deux tiers des passages aux urgences.

En résumé, les services d'urgence hospitaliers publics accueillent aujourd'hui beaucoup plus de patients par rapport à ceux qui sont pris en charge dans le secteur privé. Cette dépendance avec l'hôpital public s'explique, d'une part par l'image positive des hôpitaux publics en termes de technicité, de libre accès, de rapidité et de qualité de la prise en charge, d'autre part par une certaine méconnaissance du système de soins en ville. C'est une situation paradoxale vis-à-vis de la part importante des patients qui ne correspondent pas à une situation d'urgence vitale ou grave et relèveraient donc plutôt de la médecine libérale, cet état de fait étant aussi l'une des causes principales de l'engorgement des hôpitaux en France.

2.2 Problématiques présentes dans le réseau des urgences médicales

Contraints par les réglementations strictes, les acteurs du réseau des urgences médicales ont l'obligation de garantir la permanence de soins et l'accès aux soins pour tous, d'améliorer la qualité et la sécurité des soins. Compte tenu des difficultés actuelles telles que le vieillissement de la population, la pénurie croissante des professionnels médicaux et paramédicaux, et face aux réformes en terme de tarification (Tarification à l'activité) et de gouvernance, les établissements de santé sont en train d'affronter des challenges qu'ils n'ont jamais vécus.

2.2.1 Croissance d'activité et de dépenses en santé

Le montant total des dépenses de santé en France s'élève à 198,3 milliards d'euros en 2006, soit une hausse de 2,7% par rapport à l'année 2005 (INSEE, 2006). On y trouve les dépenses en soins hospitaliers 69,9 milliards d'euros, contre 42,8 milliards d'euros en soins ambulatoires qui sont assurés

essentiellement par les professionnels de santé libéraux (secteur privé).

Les caisses d'assurance maladie couvrent 75,5% de la dépense courante des soins et des biens médicaux. Selon le chiffre publié par la Commission des comptes de la sécurité sociale (CCSS) en Avril 2008, le déficit de la Sécurité sociale a atteint 9,5 milliards d'euros en 2007, contre un déficit de 8,7 milliards d'euros en 2006.

Quant aux services d'urgence, le nombre de passages aux urgences a doublé entre 1990 et 2004, il est passé de 7 à 14,6 millions (La Cour des Comptes, 2006). Cela engendre un coût de 3,1 milliards d'euros en 2004 juste pour les services d'urgence publics. On y trouve 2,3 milliards d'euros pour les services d'accueil et de traitement des urgences, 171 millions d'euros pour les SAMU et 530 millions d'euros pour les SMUR.

En se basant sur les chiffres publiés en 2004, le coût moyen pour un passage au service des urgences est estimé à 223 euros. Ce coût est beaucoup plus élevé que celui de la Permanence des soins, estimé à 48 euros en moyenne par acte facturé.

2.2.2 Problématiques dans le réseau des urgences médicales

Dans un contexte de croissance d'activité et de différents dispositifs mis en place, diverses problématiques sont constatées dans la filière de la prise en charge des urgences. La présence de ces problèmes freine l'avancement des démarches d'amélioration, et motivent les professionnels de santé et les chercheurs scientifiques à se mobiliser pour leur résolution.

L'orientation des patients est un des éléments essentiels au bon fonctionnement du dispositif des urgences et de la permanence des soins. En dehors du numéro européen 112, plusieurs numéros publics coexistent en France (15, 17 et 18) et correspondent à des champs d'activité spécifiques. Le 15 géré par le SAMU comptabilise 21 millions d'appels en 2004. Le 18 est géré par le SDIS, les sapeurs pompiers reçoivent chaque année 16,4 millions d'appels. Le 17 est géré par la Police. En outre, le 112 est géré à 80% par les SDIS et à 20% par les SAMU. En l'absence d'un numéro d'appel unique, cette diversité nuit à l'efficacité de la régulation téléphonique et occasionnent des coûts importants.

De nombreux acteurs interviennent sur la chaîne de prise en charge des urgences. Ils assurent des missions distinctes et doivent travailler ensemble. On compte aujourd'hui en France 253 600 sapeurs pompiers volontaires et professionnels, civils ou militaires, 5 470 ambulanciers privés, plus de 5000 médecins et 12 000 infirmiers intervenant dans les 631 établissements de santé hospitaliers publics ou privés autorisés, 104 SAMU, 435 SMUR et 60 830 médecins généralistes libéraux. Il n'est pas difficile de constater que c'est un réseau gigantesque. Leur implantation ont été conçue sur la base de la coordination des acteurs associée à deux autres principes : la proximité et la qualité. Malgré de nombreux aménagements depuis 2002, tels que la définition de la Permanence des Soins (PDS) ambulatoire devant être assurée par les médecins libéraux sur le principe du volontariat, la création de 198 maisons médicales de garde (MMG) et la mise en place du

premier réseau libéral des urgences médicales en France (« SOS Médecins ») pour l'aide à la régulation médicale, la coopération et la coordination entre les acteurs de la filière de prise en charge des urgences restent insuffisantes. Cette défaillance a une influence directe sur l'efficacité de la prise en charge, donc la satisfaction des usagers, et impacte directement les coûts.

III. RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Les travaux de pilotage de chaînes logistiques dédiés au milieu manufacturier sont abondants. De nombreuses méthodes sont proposées dans la littérature pour le pilotage et le management de la chaîne logistique. Elles sont classées, en général, en trois catégories : les approches basées sur l'optimisation, les approches basées sur la simulation, et les approches basées sur les systèmes multi-agents.

Les approches basées sur l'optimisation emploient des techniques de programmation mathématique, telles que la programmation linéaire, entière, dynamique ou stochastique [Fulya Altıpmarmark & al.(2006), Reza Zanjirani Farahani & al.(2008), Zuo-Jun Max Shen (2006), Hongyan Li & al (2007), Shaojun Wang & al.(2006), Fu-ren Lin & al. (2008)]. Ces approches sont généralement applicables aux problèmes tels que la gestion des stocks, l'optimisation de la distribution, et l'ordonnancement de la production. Les algorithmes génétiques connaissent beaucoup de succès pour obtenir des solutions Pareto optimales pour les problèmes d'optimisation multi-objectifs [Fulya Altıpmarmark & al.(2006), Reza Zanjirani Farahani & al.(2008), Hongwei Ding & al. (2006)]. Les approches basées sur la simulation permettent la modélisation dynamique des comportements de l'entreprise, avec des degrés variés de contraintes et des politiques différentes [Fredrik Persson et Mirko Araldi (2007), Yuh-Jen Chen & al. (2007), Hongwei Ding & al. (2006), Real Carbonneau & al. (2008), Rong Liu & al. (2007), Dean C. Chatfield & al. (2006)]. Elles peuvent traiter les diverses contingences occasionnées par les incertitudes de l'approvisionnement et de la demande. Elles ne peuvent pas générer une solution par elles mêmes, elles peuvent seulement exécuter les modèles selon des paramètres et des conditions pré spécifiés. Les approches basées sur les systèmes multi-agents offrent un moyen efficace de collaboration entre les partenaires de la chaîne logistique [Mustafa Özbayrak & al. (2007), Lan Lu et Gong Wang (2008), Mahesh Nagarajan et Greys Sobic (2008), Jean-Claude Hennet et Yasemin Arda (2007), Ohbyung Kwon & al. (2007)]. Les activités de collaboration de chaque entreprise sont représentées par un nombre d'agents intelligents hétérogènes qui ont des objectifs et des capacités spécifiques. Ces agents peuvent prendre des décisions intelligemment et de façon autonome. Ces approches peuvent modéliser des situations de collaboration différentes dans la chaîne logistique.

Une synthèse de travaux récents publiés entre 2006 et 2008 sur les thèmes des méthodes de pilotage et de management, montre que les approches Multi-agents sont souvent utilisées pour résoudre le problème de coordination et du partage d'information entre les acteurs de la chaîne logistique. Mustafa Özbayrak & al. (2007) cherchent à modéliser une chaîne logistique en utilisant une approche issue des systèmes dynamiques pour mesurer la performance d'une chaîne logistique sous différentes conditions opérationnelles, identifier et comprendre son comportement dynamique. Lan

Lu et Gong Wang (2008) proposent d'utiliser les concepts d'économie d'Internet et la technologie multi-agents pour traiter le problème du transfert d'informations et de coopération entre les membres d'une chaîne logistique. La coopération entre les agents respecte un protocole de négociation, nommé CNP (Contrat Net Protocol). Mahesh Nagarajan et Greys Sobic (2008) s'intéressent au problème de la planification au niveau tactique puis opérationnel dans le contexte du Supply Chain Management (SCM). Ils font le choix de modéliser la chaîne logistique en utilisant les concepts de la théorie des jeux et d'analyser la prise de décision dans une situation multi-agents où le gain dépend du choix fait par chaque partie. Des éclairages sont mis sur les jeux de marchandages correspondant au processus de négociation atomique utilisant le processus de marchandage coopératif initié par Nash en 1951. Jean-Claude Hennet et Yasemin Arda (2007) traitent le problème de la décision, de la coordination et du partage de profits entre les partenaires de la chaîne logistique, en combinant la théorie des files d'attente et la théorie des jeux. Un modèle M/M/1 utilisant une chaîne de Markov, des processus de Poisson et le jeu Stackeberg, sont employés pour exploiter certains types de contrats entre un fabricant et un fournisseur. Ohbyung Kwon & al. (2007) examinent le problème de la collaboration et du partage d'information dans la chaîne logistique en proposant une structure d'analyse combinant un système multi-agents et du raisonnement à base de cas, structure nommée « MACE-SCM ».

IV. PROPOSITION D'UNE DEMARCHE DE RESOLUTION

Compte tenu du contexte actuel dans le réseau des urgences médicales et de l'étude bibliographique sur les méthodes proposées pour résoudre différents problèmes de pilotage de la chaîne logistique, il est intéressant de porter notre attention sur les approches multi-agents. Ces approches traitent les problèmes de coopération, de coordination et de communication par les agents logiciels autonomes en interaction avec les autres agents dans le réseau. Elles sont donc susceptibles d'être utilisées pour optimiser la coordination du réseau des urgences médicales.

4.1 Approches multi-agents

Les systèmes multi-agents traitent les problèmes tels que la coopération, la coordination, la communication et la négociation. Ils comportent un ensemble d'agents qui interagissent par la communication, et qui sont capables d'agir dans un environnement où ils n'ont qu'un point de vue partiel et aucun contrôle global du système. Chaque agent a des informations ou des capacités de résolution des problèmes limitées, et chacun a son propre objectif. Depuis 1980, les recherches sur les systèmes multi-agents se focalisent sur la manière de coordonner les efforts d'un ensemble d'entités pour résoudre des problèmes. Ils permettent donc d'analyser théoriquement et expérimentalement les mécanismes comportant les interactions entre plusieurs entités autonomes.

La négociation est une méthode de résolution de conflits se basant sur les interactions d'agents égocentrés. C'est un processus suivi par certains agents pour la recherche d'accords ou de consensus. Elle peut conduire à l'échange d'informations, au relâchement d'objectifs initiaux, ou à la concession mutuelle. La négociation est souvent gérée par un mécanisme

ou un protocole qui définit les règles de rencontre entre agents, et les règles communes par lesquelles les agents se mettront d'accord.

Le Contract Net Protocol est un des modèles de négociation dans les systèmes multi-agents le plus utilisé et le plus complet à ce jour. Il est adapté aux domaines orientés tâche : si un agent ne peut pas accomplir une tâche en utilisant les ressources et expertises locales, il va décomposer la tâche en sous-tâches et va essayer de trouver d'autres agents volontaires ayant les ressources et expertises nécessaires pour l'exécution d'une ou plusieurs sous-tâches. Le principe est le suivant, dans un environnement décentralisé, où les agents peuvent jouer deux rôles : manager ou contractant. Le manager annonce les tâches. Après la réception de l'annonce, chaque contractant potentiel soumet une offre, puis le manager évalue les offres soumises et accorde la sous-tâche au contractant ayant fait la « meilleure » offre. Des critiques sont faites, dans un contexte industriel et par rapport aux autres modèles de négociation, (les modèles basant sur les théories des jeux, les modèles basant sur la vente aux enchères, etc.) sur le protocole Contract Net sur les faits : qu'il ne détecte pas les conflits, que les agents sont supposés bénévoles et non antagoniques, et qu'il exige une communication intensive.

4.2 Application du CPN dans le réseau des urgences médicales

On peut tout à fait s'inspirer des principes du CPN pour améliorer le pilotage de la chaîne de prise en charge des urgences. Les acteurs intervenants sur la chaîne sont, en général, les organisations publiques ou les organisations à but non lucratif, la recherche de profit et les conflits sont moins marqués chez eux. Les critiques faites sur le CPN dans le contexte industriel deviennent cette fois, dans un contexte hospitalier, les arguments de justifier la cohérence entre les caractéristiques de ces acteurs et les concepts du CNP.

4.2.1 Différents niveaux de négociation

On peut concevoir trois niveaux de négociation dans le réseau des urgences médicales. Le premier niveau repose sur la régulation en amont de la chaîne de prise en charge des urgences, entre le régulateur et l'ensemble des établissements d'accueil des patients qui traitent les urgences. Le second se situe au niveau de la négociation du transport des patients entre le régulateur et l'ensemble des transporteurs (SMUR, SDIS et Ambulanciers privés). Le dernier niveau se localise en aval des urgences juste après le traitement des patients dans le service d'urgence, il consiste en la négociation pour la recherche d'un lit d'hospitalisation, d'un lit dans un SSR, ou bien d'une place pour l'hospitalisation à domicile (HAD).

On ne considérera que le premier niveau de négociation, comme exemple dans le cadre d'une étude de faisabilité sur l'application du modèle de négociation CPN sur la coordination du réseau des urgences médicales. Une fois l'approche validée, on pourra l'appliquer sur l'ensemble du réseau.

4.2.2 Proposition d'accès unique aux urgences

Actuellement, la proportion des patients qui arrivent aux urgences après une régulation du SAMU ne dépasse pas 5%. La majorité des patients se présente directement aux services des urgences et ne correspond pas, dans la plupart des cas, à des détresses vitales. Pour résoudre ce problème paradoxal, il est intéressant de réaménager l'amont des urgences. Considérons l'exemple européen suivant. En Suède, il n'existe pas d'accès direct aux urgences, les patients qui demandent des soins des services d'urgence, doivent toujours passer par un régulateur téléphonique, ce qui entraîne un nombre de passages aux urgences qui reste stable. On peut donc poser l'hypothèse d'une situation d'accès unique, où le SAMU garde toujours son rôle de régulateur, mais où toute personne qui veut accéder aux soins des services d'urgence doit passer par le SAMU. Le SAMU orienterait alors les patients selon leurs symptômes et leur niveau de gravité vers les établissements compétents pour les accueillir. Cette proposition rejoint la proposition de M. LARCHER (Commission de concertation relative aux missions de l'hôpital, décembre 2007) sur le numéro d'appel unique (15).

Ici, on ajoute un deuxième rôle au SAMU, celui du management dans le processus de négociation suivant le modèle CNP. C'est lui qui déclenchera la négociation, quand il se sentira incompetent pour résoudre le problème, auprès des contractants potentiels qui sont compétents pour la résolution du problème. L'avantage de cette proposition est qu'elle permet de faire participer l'ensemble des acteurs publics ou privés à la prise en charge des patients, soit pour un traitement en urgence, soit pour la permanence des soins, afin d'éviter l'engorgement des services d'urgence hospitaliers et de renforcer la coordination entre les acteurs.

4.3 Conception des modèles de simulation

Afin de valider notre proposition d'appliquer le modèle de négociation informatique CPN dans un contexte multi-agents et sous la proposition d'un accès unique en amont des urgences par la régulation du SAMU, l'emploi de la technique de simulation nous semble convenir pour modéliser les différents scénarios et intégrer les aspects dynamiques. Avec l'outil de simulation ARENA, nous pouvons simuler à la fois les flux et les principes du CPN à l'aide des blocs VBA (Visual Basic for Applications).

Il nous semble rationnel, s'il n'y a pas la contrainte de temps et les difficultés liées à la maîtrise des outils, quand on veut simuler différents scénarios sous contexte multi-agents, d'utiliser une plateforme de simulation multi-agents : *JADE*, *MADKIT*, *Netlogo*, ou autre.

4.3.1 Configuration de simulation sous ARENA

Rockwell ARENA 10.0 est utilisé pour modéliser et simuler le cas du bassin hospitalier du Rhône [le domaine d'expérimentation retenu par le projet HRP3 (Aissam Belaidi & al. 2007)], comprenant un nombre d'acteurs tels que le SAMU du Rhône, les services d'urgence (St Joseph St Luc, Edouard Héribert et Lyon-Sud), et les autres acteurs pouvant assurer les consultations médicales et la permanence des soins (cliniques privées, médecins libéraux, MMG). Nous limitons

notre étude aux cas d'urgence non vitaux qui sont les plus fréquents et où la possibilité de négociation est possible.

Les modèles de simulation développés englobent le processus de régulation du SAMU en amont des urgences, de la réception d'appel à la décision d'orientation du patient. Les critères pris en compte sont : l'âge des patients, les motifs du recours (problèmes somatiques, problèmes traumatologiques, problèmes psychiatriques ou problèmes associés), les traitements nécessités, la fréquence d'entrée des appels, les spécialités des hôpitaux, les temps de trajet entre le lieu de détresse et les hôpitaux, les temps d'attente (temps d'attente avant le premier contact et temps d'attente pour voir un médecin après le premier contact), l'effet cumulé lié aux temps d'attente, le temps de traitement d'appel, les ressources matérielles (véhicules disponibles) et ressources humaines (nombre de personnels mis à disposition) pour la régulation.

Trois scénarios sont modélisés et simulés, le dernier reproduit le système actuel et les deux premiers correspondent à la démarche proposée en utilisant respectivement deux systèmes de négociation différents. Le premier système concerne un processus de négociation asynchrone. Le classement des hôpitaux à contacter est défini en fonction de la proximité, l'hôpital le plus proche est contacté en premier. La décision d'envoi d'un patient à un hôpital dépend des temps d'attente. Si les temps d'attente de cet hôpital ne dépassent pas un seuil prédéfini, on oriente le patient à cet hôpital, sinon on contactera l'hôpital classé en deuxième place, et ainsi de suite. Si les temps d'attente des hôpitaux dépassent tous le seuil, on envoie le patient à l'hôpital où les temps d'attente sont les plus courts. Le mécanisme de ce système est exposé en [Figure 1 \(en annexe\)](#).

Le second système de négociation consiste à un processus synchrone, le SAMU négocie simultanément avec l'ensemble des hôpitaux pour orienter le patient. Ici, on applique le protocole de négociation CPN. Le mécanisme de ce système est illustré en [Figure 2 \(en annexe\)](#).

4.4 Expérimentation

Le nombre d'appels est fixé dans un premier temps à 900 appels par jour, en se basant sur les données du SAMU du Rhône, afin de comparer les trois scénarios, puis à 1800 par jour pour étudier les conséquences de la croissance d'activité sur les ressources humaines (Permanencier Auxiliaire de régulation médicale, médecin régulateur) et matérielles (Service Mobile d'Urgence et de Réanimation).

Les expérimentations sont menées sur une période de 7 jours (une semaine complète), les données des patients (les temps de trajets) sont saisies à partir d'un fichier Excel. Le nombre de répliquations est fixé à 10, en se basant sur un ordre de lecture aléatoire des données Excel à l'aide d'une fonction spécifique VBA. Les résultats seront écrits dans le même fichier Excel, mais dans une feuille séparée. Les résultats seront calculés en moyenne sur la période d'expérimentation, on comparera les moyennes des trois scénarios pour les 10 répliquations.

Selon les données de la DREES, la satisfaction des patients est liée principalement aux temps d'attente. Elle dépend peu de la pathologie et de sa gravité, des prescriptions ou des orientations ou des orientations proposées en aval. Il n'y a pas

de lien direct entre le niveau de ressources du service et la durée de passage du patient aux urgences. Notre analyse portera plutôt sur l'aspect quantitatif, à savoir : le coût, le temps de trajet, les temps d'attente et le temps de processus de décision.

4.4.1 Expression et interprétation des résultats

Le [tableau 1](#) présente les résultats de la comparaison entre le système actuel et les systèmes proposés en termes de coûts annuels dépensés en soins d'urgences et en Permanence des soins pour les passages aux urgences sur une base de 900 patients par jour. Le nombre de passages aux urgences est plus réduit pour les systèmes proposés que dans le système actuel, ce qui indique que le problème d'engorgement des services d'urgence pourrait être allégé sous la proposition d'un accès unique aux urgences. L'économie faite en terme des coûts est évidente, au lieu de 73 255 500 euros de dépenses annuels, ils passent à seulement 9 498 395 euros annuels.

Tableau 1. Comparaison en terme des coûts entre le système actuel et les systèmes proposés

	Système Actuel	Systèmes proposés
Coût/passage aux urgences (€)	223	
Coût/passage à la PDS (€)	48	
Nb passages aux urgences/js	900	73
Nb passages pour la PDS/js	0	203
nb jours annuel	365	
Total Coût Passages aux urgences	73 255 500	5 941 835
Total Coût passages à la PDS	0	3 556 560
Totaux annuels	73 255 500	9 498 395

Dans le [tableau 2](#), les modèles proposés pourraient accroître la satisfaction aux patients pour ce qui concerne les temps d'attente aux services d'urgence vis-à-vis du système actuel (M3). L'écart entre le premier modèle de proposition (asynchrone, M1) et le deuxième (synchrone, M2) est marginal, par contre, le temps de processus pour décider de la destination du patient est plus court dans le deuxième modèle que dans le premier. Sachant que plus court est le traitement d'un appel, plus d'appels peuvent être traités, cet aspect s'avère important, si la croissance de l'activité augmente de manière significative sous condition d'un accès unique aux urgences.

Tableau 2. Comparaison en terme de temps de prise en charge (temps de trajet et temps d'attente) et de temps de processus pour décider la destination, en minute

		Ips de trajet	Tps d'attentes	Total	Proc. Time
Total	I1	5818	10726	16544	1410
	I2	5634	10666	16300	628.5
	I3	6069	21932	28001	1456.5
Moyenne	I1	15	27	42	4
	I2	15	29	44	1.7
	I3	15.8	57	73	3.8

L'impact de la croissance d'activité sur les ressources disponibles est présenté dans le [tableau 3](#). Si on double le nombre d'appels par jour, on constate bien une influence de la croissance d'activité sur les taux d'utilisation des ressources humaines (PARM et Médecin régulateur) et matériels (SMUR). Cependant, ce fait n'engendre pas une demande d'augmentation des ressources. Si le volume d'activité dépassait la capacité de production du service, un renforcement des ressources serait nécessaire.

Tableau 3. Impact de la croissance d'activité sur les ressources disponibles

		TIP	%° PARR	%° RR	%° SMUR	nb/PARR	nb/RR	nb/SMUR
		900 appels/js	II	3,18	5%	33%	3%	329
	III	2,80	6%	25%	4%	391	484	17
	IV	3,59	7%	34%	4%	383	503	18
					Moyenne	388	514	18
		TIP	%° PARR	%° RR	%° SMUR	nb/PARR	nb/RR	nb/SMUR
		1800 appels/js	II	4,47	10%	71%	7%	653
	III	3,21	12%	54%	10%	770	997	39
	IV	4,38	15%	70%	10%	763	997	38
					Moyenne	729	1037	40

V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nos travaux se sont inspirés des approches multi-agents, et plus spécifiquement du modèle de négociation Contract Net Protocol, du management de la chaîne logistique manufacturière pour résoudre le problème de coordination des acteurs de l'urgence, afin d'améliorer le pilotage de la filière de prise en charge des urgences. La proposition de la simplification de la coordination d'un réseau du fait d'un accès unique aux urgences a été retenue. Deux modèles de négociation sont proposés (asynchrone et synchrone). Trois scénarios (système actuel et deux systèmes proposés) ont été modélisés et simulé en utilisant le simulateur Rockwell ARENA 10.0.

L'analyse des résultats montre que l'accès unique aux urgences permet la réduction des passages aux urgences, donc de résoudre la part trop importante de patients non urgents présents aux urgences, afin de réduire les coûts. Les deux modèles semblent avantageux pour une amélioration de la satisfaction des patients par rapport au système actuel. Le modèle de négociation synchrone est globalement meilleur que le modèle de négociation asynchrone. Cependant le premier exige l'informatisation totale des acteurs et des systèmes d'information puissants et harmonieux, ce qui n'est pas encore le cas. En attendant, le système asynchrone pourrait être un modèle de transition entre le système actuel et le système synchrone.

L'accès unique aux urgences nécessite des efforts financiers de la part des acteurs et de l'Etat, il pourrait surement conduire à un changement positif. Il n'est pas réalisable dans l'immédiat, mais pourrait apporter des améliorations aux problèmes existants. Cette action exige la coopération de l'ensemble des acteurs concernés et une gestion rigoureuse du changement.

VI. REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier M. Vincent KAUFFMANN pour m'avoir aidé dans la collecte des données liées aux urgences médicales afin de pouvoir compléter les modèles de simulation en vue d'une expérimentation.

VII. REFERENCES

- [1] ALTIPMARMARK Fulya, GEN Mitsuo, LIN Lin, PAKSOY Turan (2006), A genetic algorithm approach for multi-objective optimization of supply chain networks, Computers & Industrial Engineering 51, 197-216
- [2] ALVAREZ Esther (2007), Multi-plant production scheduling in SMEs, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 23, 608-613
- [3] BELAIDI Aissam, GUINET Alain, MARCON Eric (2007), Rapport de recherche sur le projet HRP3, Livrable D 2.1, Evaluation des filières de prise en charge des urgences, 106 pages
- [4] CARBONNEAU Real, LAFRAMBOISE Kevin, VAHIDOV Rustam (2008), Application of machine learning techniques for supply chain demand forecasting, European Journal of Operational Research 184, 1140-1154
- [5] CHATFIELD Dean C., HARRISON Terry P., HAYYA Jack C. (2006), SISCO: An object-oriented supply chain simulation system, Decision Support Systems 42, 422-434
- [6] CHEN Yuh-Jen, CHEN Yuh-Min (2007), An XML-based modular system analysis and design for supply chain simulation, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 14 pages
- [7] Commission de concertation relative aux missions de l'hôpital (décembre 2007), Etat des lieux réalisé par la commission de concertation relative aux missions de l'hôpital, présidée par M. Gérard LARCHER, 14 pages
- [8] DING Hongwei, BENYOUCEF Lyès, XIE Xiaolan (2006), A simulation-based multi-objective genetic algorithm approach for networked enterprises optimization, Engineering Applications of Artificial Intelligence 19, 609-623
- [9] FARAHANI Reza Zanjirani, ELAHIPANAH Mahsa (2008), A genetic algorithm to optimize the total cost and service level for just-in-time distribution in a supply chain
- [10] HENNET Jean-Claude, ARDA Yasemin (2007), Supply chain coordination: A game-theory approach, Engineering Applications of Artificial Intelligence, 7 pages
- [11] KWON Ohbyung, LM Ghi Paul, LEE Kun Chang (2007), MACE-SCM: A multi-agent and case-based reasoning collaboration mechanism for supply chain management under supply and demand uncertainties, Expert Systems with Applications 33, 690-705
- [12] LA FORME France-Anne Gruat, GENOULAZ Valérie Botta, CAMPAGNE Jean-Pierre Campagne (2007), A framework to analyse collaborative performance, Computers in Industry 58, 687-697
- [13] LIN F-R, KUO H-CH, LIN S-M (2008), The Enhancement of Solving the Distributed Constraint Satisfaction Problem for Cooperative Supply Chains Using Multi-agent Systems, Decision Support Systems, 33 pages
- [14] LI Hongyan, HENDRY Linda, TEUNTER Ruud (2007), A strategic capacity allocation model for a complex supply chain: Formulation and solution approach comparison, Int. J. Production Economics, 14 pages
- [15] LIU Rong, KUMAR Akhil, ASLST Wil Van Der (2007), A formal modelling approach for supply chain event management, Decision Support Systems 43, 761-778
- [16] LU Lan, WANG Gong (2008), A study on multi-agent supply chain framework based on network economy, Computers & Industrial Engineering 54, 288-300
- [17] NAGARAJAN Mahesh, SOSIC Greys (2008), Game-theoretic analysis of cooperation among supply chain agents: Review and extensions, European Journal of Operational Research 187, 719-745
- [18] ÖZBAYRAK Mustafa, PAPADOPOULOU Theopisti C., AKGUN Melek (2007), Systems dynamics

modelling of a manufacturing supply chain system, Simulation Modelling Practice and Theory 15, 1338-1355

- [19] PERSSON Fredrik, ARALDI Mirko (2007), The development of a dynamic supply chain analysis tool – Integration of SCOR and discrete event simulation, Int. J. Production Economics, 10 pages
- [20] SHEN Zuo-Jun Max (2006), A profit-maximizing supply chain network design model with demand choice flexibility, Operations Research Letters 34, 673-682
- [21] WANG Shaojun, SARKER Bhaba R. (2006), Optimal models for a multi-stage supply chain system controlled by kanban under just-in-time philosophy, European Journal of Operational Research 172, 179-200
- [22] WANG Tao, BELAIDI Aissam, Un recueil des modes de prise en charge des urgences dans les pays de la communauté européenne, 47 pages

VIII. ANNEXES

Figure 1. Mécanisme du processus de négociation asynchrone

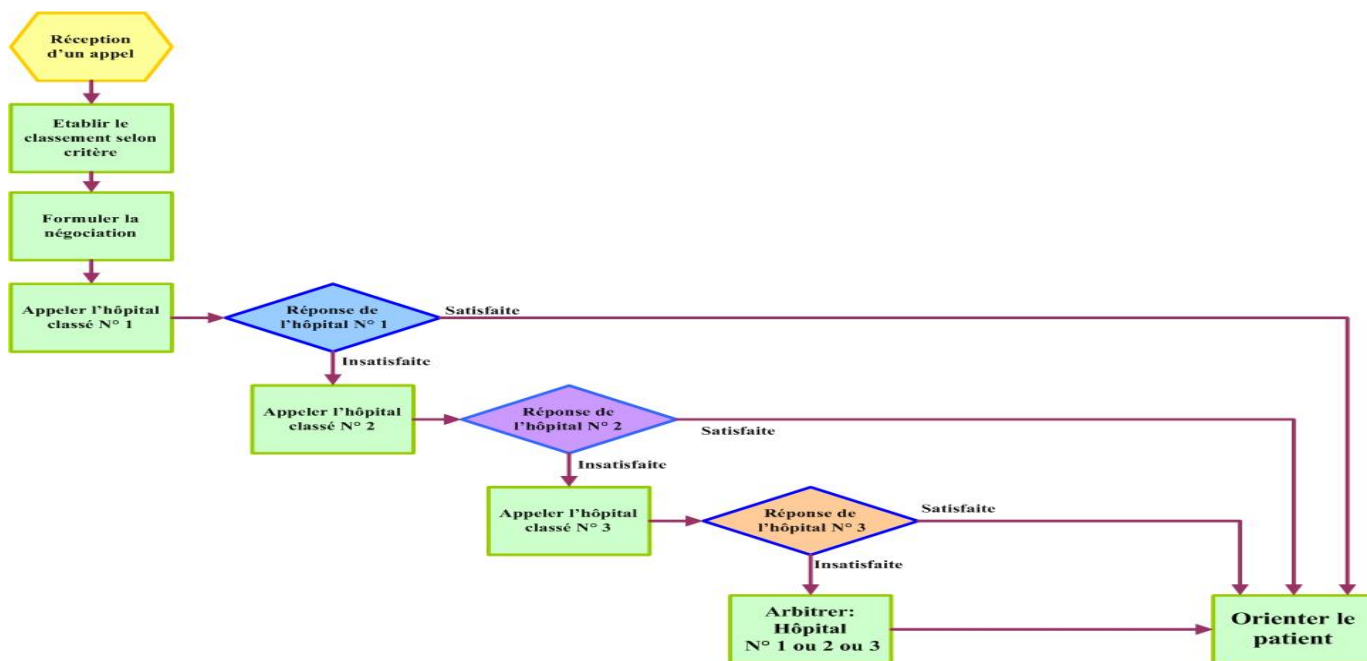


Figure 2. Mécanisme du processus de négociation synchrone

