

Architecture Formalisée d'une Application Collaborative

*Cas d'une Situation d'Urgence en Neurologie**

R. Edaoudi¹, M. Hamdani², K. Bouragba³, M. Ouzzif³, H. Mountassir⁴, M. Erradi¹

¹ *Laboratoire Al Khawarizmi de Génie Informatique (LAGI)
Ecole Nationale Supérieure d'Informatique et d'Analyse des Systèmes, ENSIAS
Université Mohammed V Souissi, Rabat, Maroc
erradi@ensias.ma, rajaa.edaoudi@gmail.com,*

² *SAMU, CHU Ibn Sina Rabat, Maroc*

³ *Ecole Supérieure de Technologie, Université Hassan II – Ain Chock
Casablanca, Maroc
ouzzif@est-uh2c.ac.ma, bouragba@g_est-uh2c.ac.ma,*

⁴ *LIFC, Université Franche Comté, Besançon, France*

Résumé

Pour répondre à des besoins en termes de collaboration à distance entre équipes et spécialistes en neurologie dans le but d'élaborer des diagnostics, ce travail présente l'architecture d'une plateforme collaborative mobile pour l'assistance d'un cas d'AVC (Accident Vasculaire Cérébrale) à distance. L'architecture proposée est constituée de composants spécifiques aux tâches exigées par le déroulement d'une collaboration mobile du télédiagnostic. Des propriétés temporelles qui doivent être vérifiées par la plateforme sont ensuite décrites et formalisées.

Mots clés : modélisation, formalisation, collaboration, télédiagnostic, neurologie, propriétés temporelles.

1. Introduction

Dans les pays en voie de développement et en particulier au Maroc, la majorité des hôpitaux manquent de médecins spécialistes dans plusieurs domaines [1]. Par conséquent, une situation d'urgence nécessitant l'avis d'un spécialiste impose le transfert du patient vers un grand centre hospitalier pour qu'il soit diagnostiqué. Or, dans plusieurs cas d'urgence, la vie d'un patient peut être sauvée dans les premiers instants de son accident (exemple : cas d'un accident cérébrale) via une étroite collaboration entre médecins généralistes ou urgentistes et des spécialistes.

Une assistance "médicalisée", à distance, constitue une solution prometteuse pour pallier à ces situations d'urgences. Cette solution est actuellement possible grâce à l'évolution conjointe des technologies multimédias et réseaux mobiles qui ont permis l'émergence des applications

* *Ce travail est supportée par l'action intégrée TENEMO: "Télé-NEuroScience sur une Plateforme Collaborative Mobile sur Internet".*

multimédias coopératives mobiles synchrones ou asynchrones [2]. Le télédiagnostic en est une variante de ce type d'applications offrant à des praticiens spécialisés la possibilité de partager leur savoir faire et de relayer leurs compétences respectives par des expertises de pointe [3,4,5].

Plusieurs travaux ont été menés dans le domaine du télédiagnostic. [6] décrit le système "AwareMedia" qui traite le partage des informations supportant une coordination entre des intervenants au sein d'un hôpital. [7] présente une plateforme sensible au contexte orientée agent pour supporter les échanges des messages entre des participants d'une communauté de praticiens. [8] traite et gère le partage et l'accès, à base de certains facteurs, de l'ensemble des connaissances entre le personnel d'un hôpital.

Toutefois, peu d'intérêt est porté à la spécification des exigences attendus d'une application de télédiagnostic émanant des besoins des spécialistes d'un domaine bien précis en vue de la modélisation de ce type d'applications et l'identification des propriétés qu'elles doivent vérifier. Dans ce travail, nous identifions les exigences d'une application de télédiagnostic en neurologie en se référant à des spécialistes du domaine. Nous modélisons les différentes composantes de l'architecture préconisée ainsi que les interactions de coordination et de collaboration entre ces composantes. Nous décrivons ensuite des propriétés que doivent vérifier ces interactions.

Ce papier est organisé comme suit. La section 2 décrit le scénario d'une collaboration de diagnostic à distance en neurologie. La section 3 présente une modélisation d'une application de télédiagnostic en neurologie. La section 4 décrit et formalise des propriétés devant être vérifiées par l'application. La section 5 conclut ce travail.

2. Description de l'étude de cas

Classiquement, lorsqu'un cas d'AVC (accident vasculaire cérébrale) se présente dans un hôpital d'accueil (HA), il est pris en charge par un urgentiste. Ce dernier contacte le SAMU (service d'aide médicale d'urgence) via un médecin régulateur pour l'informer de la présence d'un malade qui a des symptômes de l'atteinte d'un AVC (les troubles du langage et/ou de la vision, le déficit sensitivomoteur, des troubles de la coordination faisant suspectés une atteinte de la FCP (Fosse Cérébrale Postérieure)). Au niveau du système d'information de SAMU, le médecin régulateur crée un dossier médical (DM) en se basant sur un bilan initial composant du GCS (Glasgow Coma Score), de l'état hémodynamique, de l'heure d'apparition des signes, de l'heure de l'admission aux urgences, des ATCD (Antécédents), les données anamnestiques et de l'examen clinique, etc.

Tout en restant en contact avec l'urgentiste, Le régulateur du SAMU appelle le neurologue de garde du CHU (centre hôpital universitaire) et initie une conférence téléphonique à trois pour la confirmation de l'atteinte d'AVC. Dans le cas échéant, le patient est transféré d'urgence vers le CHU avec le grand risque de décès en cours de route, surtout que la plupart des ambulances ne sont pas bien équipées. Sachant que des fois, il peut s'agir d'un faux cas d'AVC qui génère un transfert coûteux et inutile.

Une plate forme de télédiagnostic collaborative va permettre de pallier à ces situations, en permettant un suivi et une prise de décision à distance. Elle doit assurer un scénario collaboratif de diagnostic et de traitement à distance de quatre phases à savoir une collaboration clinique, une collaboration para-clinique, une collaboration de la prise de décision et une collaboration lors de transfert.

Lors de la première phase, une session collaborative sous forme de visioconférence entre le HA, SAMU et CHU (figure1), est établie pour le partage en temps réel du déroulement de l'examen clinique du malade via une plateforme collaborative en vue de qualifier le type de l'AVC et de préciser le degré de déficit. A travers cette session, le neurologue du CHU assiste et accompagne le médecin urgentiste dans l'établissement du SCORE NIHSS (National Institute of Health Stroke Score). Selon le résultat de ce score, le neurologue peut orienter l'urgentiste vers une thrombolyse ou bien vers d'autres manœuvres permettant une évaluation précise de l'état de conscience et sur d'éventuels déficits sensitivomoteurs passés inaperçus.

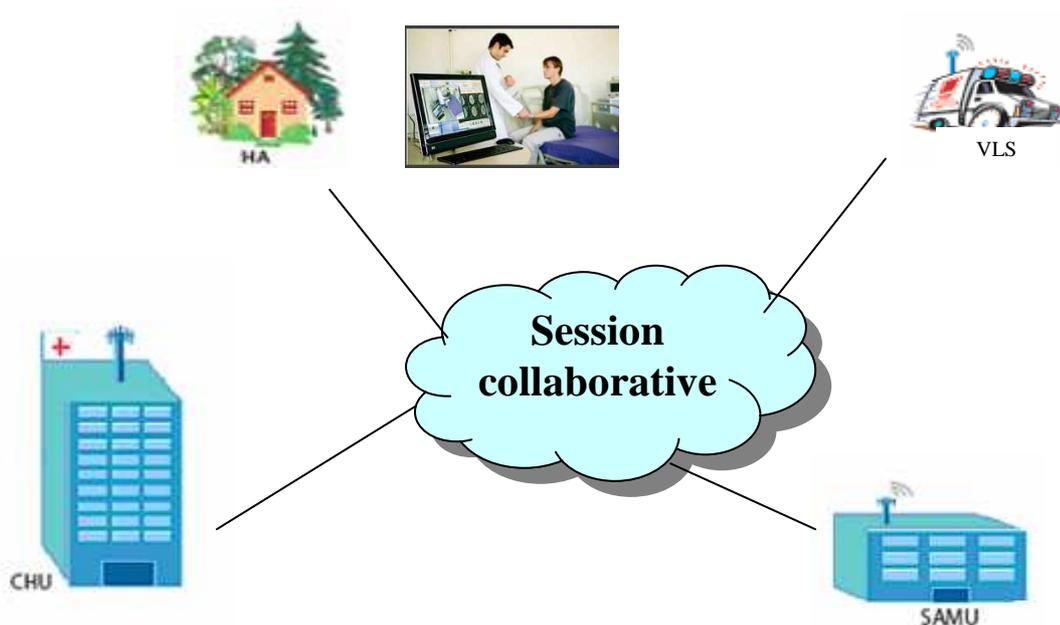


Figure 1. Acteurs d'une session collaborative.

Pendant la deuxième phase, le médecin spécialiste demande au médecin urgentiste une TDM (TomoDensitoMétrie), bilan biologique. Puis il peut collaborer avec le radiologue ou le technicien radiologue en lui demandant de se focaliser ou d'insister sur une région suspecte.

Dans de la troisième phase de la Collaboration de la prise de Décision, le neurologue détermine l'état du malade en se basant sur les données des examens cliniques, paraclinique). Les images scénographiques vont être acheminées via la téléradiologie vers un médecin Neurologue Senior en vue de prendre son avis, ces images peuvent aussi être vues et interprétées par plusieurs partenaires au Maroc comme à l'étranger pour la télé-expertise selon des sessions de collaborations bien définies.

Par la suite une prise de décision sera effectuée sur la base de ce consensus qui peut être en fonction des cas :

- une prise en charge du malade au niveau de la structure d'accueil par la mise en place d'un protocole thérapeutique (thrombolyse entre autre si les moyens le permettent) sous la responsabilité du neurologue pour guetter les complications,
- soit un transfert vers une structure plus appropriée (centre hospitalier régional dotée d'une unité neurovasculaire) après la mise en condition du malade,
- Le cas échéant, en l'absence d'ambulance dédiée à ce genre de transfert l'envoi d'une équipe SMUR (Service Mobile d'Urgence et de Réanimation) par le biais du SAMU pour assurer le transfert dans de bonne condition et son admission dans le service approprié dont l'équipe a été averti par le centre de régulation du SAMU pour le recevoir.

Dans la dernière phase, Le malade sera acheminé vers la structure appropriée dans une ambulance qui peut être de différente selon le cas présenté (ambulance de la protection civile avec à bord des médecins réanimateur et/ou urgentiste jonction avec VLS (véhicule léger sanitaire), ou une ambulance Réanimation (AR) de SMUR (service mobile d'urgence et de réanimation). Lors de cette phase, il peut aussi prévoir un transfert du monitoring depuis l'ambulance vers la structure d'accueil avec l'interlocuteur approprié qui peut être selon les cas un réanimateur ou le médecin de l'unité neuro-vasculaire.

3. Architecture et modélisation

Le système de téléneurologie que nous proposons consiste en plusieurs composants distribués sur différents sites. Ces derniers peuvent être de deux catégories : Des sites fixes ou mobiles. Les sites fixes englobent l'hôpital d'accueil, le SAMU et les CHUs. Les sites mobiles consistent principalement en des ambulances (VLS, SMUR). Pour assurer un télédiagnostic

composant CHU, le composant AMB (ambulance), le composant BD (base de données) et le composant PA (patient) (figure 2).

Suite à la réception d'un patient, l'hôpital d'accueil initie une session collaborative à laquelle est invité le SAMU. Ce composant (SAMU) crée un dossier médical et cherche le neurologue disponible dans les CHUs les plus proches et l'invite à rejoindre la session collaborative. Suite à la collaboration entre les différents composants (HA, CHU et SAMU), le composant SAMU enrichit le dossier médical par les résultats du diagnostic et alimente le composant BD. S'il y'a lieu d'un transfert, le composant ambulance est invité à rejoindre la session collaborative, à récupérer le dossier médical et à transporter le patient sous l'assistance du SAMU et CHU.

Le composant HA peut être raffiné en deux principales sous composants : le composant SA (service d'accueil) qui identifie le patient et crée un dossier administratif et le composant UR (urgence) qui prend en charge le patient (figure 3).

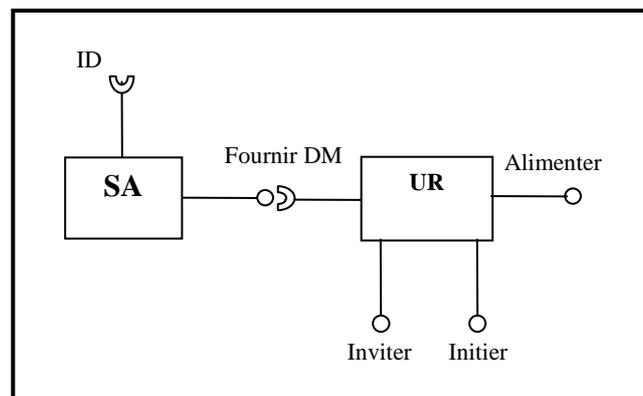


Figure 3. Raffinement du composant HA.

Le composant SC comporte les composants suivants (figure 4) : le composant GSC (gestion de session collaborative) qui fournit le service de gestion de membre de la conférence depuis son initiation jusqu'à sa terminaison. Le composant CPR (coordination et partage des ressources) assure le service de gestion des interactions entre les participants de la conférence et le contrôle d'accès aux ressources partagées. Le composant VSC (Visio conférence) assure l'échange audio vidéo entre les différents intervenants. Le composant AP (application partagée) concerne l'échange et le traitement des différents supports médicaux (scanner, TDM, ECG, etc.). Le composant TB (tableau blanc) permet aux différents participants de rédiger les rapports de diagnostic.

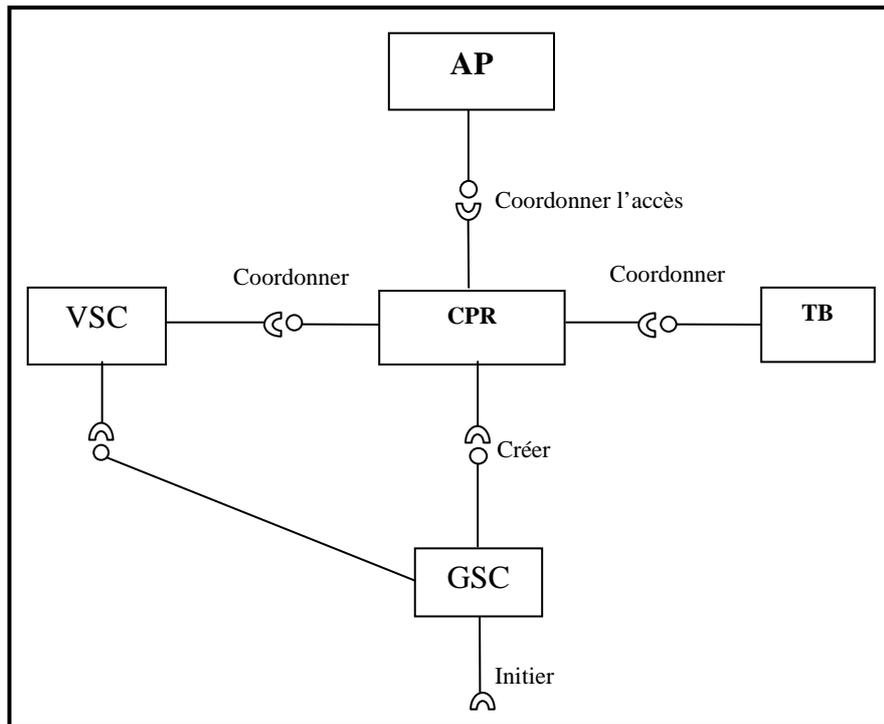


Figure 4. Raffinement du composant SC.

Le composant SAMU consiste en deux composants (figure 5) à savoir le composant RG (régulateur) et le composant AN (annuaire). Le premier composant réceptionne les requêtes des différents hôpitaux d'accueil et assure leurs suivis en faisant appel au service de l'annuaire des contacts ainsi que les disponibilités des spécialistes de différents CHUs.

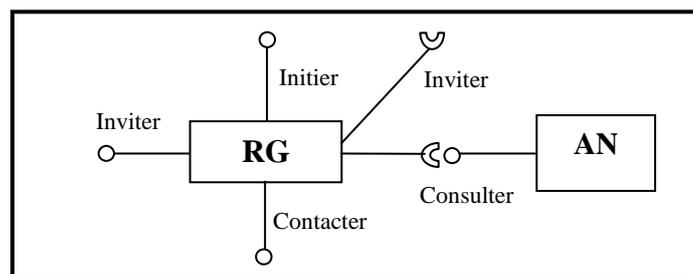


Figure 5. Raffinement du composant SAMU.

Le composant CHU (figure 6) consiste en plusieurs sous composants relatifs aux différents spécialistes qui peuvent être impliqués dans le diagnostic à savoir : NE (neurologue), RA (radiologue), CA (cardiologue), etc.

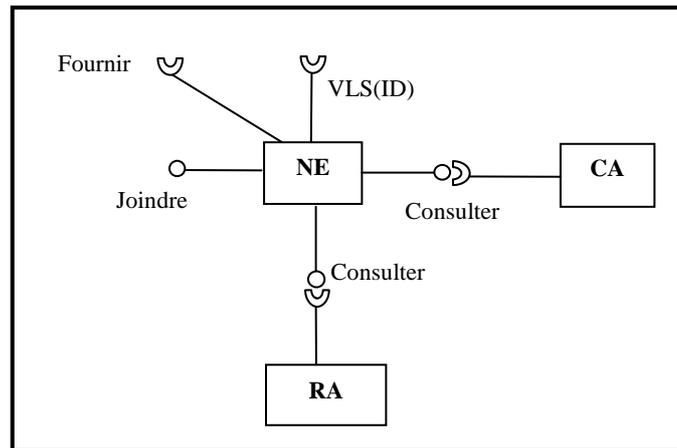


Figure 6. Raffinement du composant CHU

4. Description des propriétés

Dans cette section, nous décrivons un ensemble de propriétés qui doivent être vérifiées par le système proposé. Nous décrivons ensuite ces propriétés en utilisant LTL (logique temporelle linéaire).

4.1 Les propriétés

Les propriétés que nous avons identifiées sont décrites comme suit :

- Propriété 1 : Lorsqu'un cas AVC est suspecté dans un hôpital d'accueil, une session collaborative est immédiatement initié par cet hôpital.
- Propriété 2 : Suite à l'initiation d'une session collaborative de télé neurologie, le SAMU doit répondre à l'invitation de l'hôpital d'accueil.
- Propriété 3 : Une fois que le SAMU est engagé dans une session collaborative de téléneurologie, un neurologue doit obligatoirement répondre à l'invitation du SAMU et doit participer à la session collaborative.
- Propriété 4 : la session collaborative entre les différents acteurs (SAMU, HA, CHU) doit aboutir à un diagnostic dans un délai proche (ne dépassant pas 5H selon les spécialistes).
- Propriété 5 : la décision du transfert du patient doit engager dans l'immédiat une ambulance bien équipée.
- Propriété 6 : chaque décision prise dans la session collaborative doit être transcrite dans le dossier du patient pour des raisons de traçabilité.
- Propriété 7 : lors du transfert d'un patient vers le CHU, une assistance permanent doit être assurée par au minimum un neurologue du CHU.

- Propriété 8 : lors de la session collaborative, les intervenants ne doivent pas entrer en conflit sur les ressources et sur les applications partagées.
- Propriété 9 : le neurologue peut à tout moment retirer le droit d'accès à une ressource ou à une application partagée.

4.2 Description des propriétés

Nous utilisons la LTL pour la description des propriétés identifiées. Ce formalisme est une extension de la logique classique. Il permet de valider des protocoles de communication en se basant sur des techniques d'expression des relations entre des événements. La syntaxe de la logique temporelle est la même que celle des prédicats, excepté qu'elle utilise des opérateurs supplémentaires [9]. Ces opérateurs sont décrits comme suit :

- $[p]$: qui signifie que la propriété p vient de devenir vraie.
- $O p$: qui signifie après p .
- $\Box p$: qui signifie que p est vraie maintenant et dans le futur.
- $\Diamond p$: qui signifie que la propriété p est vraie à un moment donné dans le futur.

Généralement, les propriétés prennent les formes $(p \Rightarrow q)$ ou $(p \Rightarrow \Diamond q)$, où p et q sont des propositions. La première écriture exprime que, chaque fois que le système vérifie p , il doit vérifier q . la deuxième écriture exprime que chaque fois que le système vérifie p , il doit dans toutes les exécutions futures, vérifier q .

Pour la propriété 1, nous utilisons les propositions suivantes :

- Urgentiste_AVC : qui décrit le fait que le sous composant UR du composant HA a été notifié de la présence d'un cas AVC.
- Session_Initiée : qui décrit le fait que le sous composant GSC du composant SC a créé une session collaborative.

Cette propriété s'écrit : $(Urgentiste_AVC) \Rightarrow \Diamond Session_Initiée$

Pour la propriété 2, nous utilisons les propositions suivantes :

- SAMU_Invité : qui décrit le fait que le sous composant RG du composant SAMU a reçu une invitation de l'hôpital d'accueil pour rejoindre la session collaborative.
- SAMU_In_Collaboration : qui décrit le fait que le sous composant RG est engagé dans la session collaborative.

Cette propriété s'écrit : $(Session_Initiée \wedge SAMU_Invité) \Rightarrow \Diamond SAMU_In_Collaboration$

Pour la propriété 3, nous utilisons les propositions suivantes :

- CHU_Invité : qui décrit le fait que le sous composant NE du composant CHU est notifié d'une invitation.

- **CHU_In_Collaboration** : qui décrit le fait que le sous composant NE est engagé dans la session collaborative.

Cette propriété s'écrit : $(\text{Session_Initiée} \wedge \text{CHU_Invité}) \Rightarrow \diamond \text{CHU_In_Collaboration}$.

Pour la propriété 4, nous utilisons la proposition suivante :

- **BD_Notifiée** : qui décrit le fait que la base de données partagée entre les neurologues est notifié par le dossier du patient traité.

Cette propriété s'écrit :

$(\text{Session_Initiée} \wedge \text{SAMU_In_Collaboration}) \wedge \text{CHU_In_Collaboration} \Rightarrow \text{BD_Notifiée}$

Pour la propriété 5, nous utilisons les propositions suivantes :

- **Ambulance_Invitée** : qui décrit le fait qu'une ambulance a été sollicitée.
- **Ambulance_In_Collaboration** : qui décrit le fait que la composante AMB est en session collaborative pour le transfert du patient.

Cette propriété s'écrit : $(\text{CHU_In_Collaboration} \wedge \text{SAMU_In_Collaboration}) \wedge \text{Ambulance_Invitée} \Rightarrow \diamond \text{Ambulance_In_Collaboration}$

Pour les propriétés de gestion de conflits, nous les avons spécifiés dans des travaux antérieurs en suivant la même spécification à savoir une spécification des propositions nécessaires à la propriété et des LTL [10].

5. Conclusion

Le système de télédiagnostic en neurologie proposé consiste en l'intervention de plusieurs acteurs selon des règles bien spécifiées. Dans ce travail, nous avons présenté le scénario d'un tel système. Nous avons proposé une architecture à base de composants ainsi que les différentes interactions entre ces composants. Cette architecture a été ensuite raffinée en plusieurs niveaux. Nous avons ensuite identifié des propriétés critiques que le système doit vérifier et que nous avons décrites en LTL. La suite de ce travail consiste à modéliser le comportement des différents composants, de vérifier les propriétés identifiées à l'aide d'un outil approprié puis d'établir l'assemblage des différents composants du système. Nous nous intéressons aussi à étudier la vérification de la composition.

Références

- [1] <http://www.lavieeco.com/Societe/medecins-benevoles-en-zones-rurales-ils-racontent-la-souffrance-au-quotidien>.

- [2] E.Garcia, "*Une plate-forme de développement pour applications coopératives multimédia intégrant la gestion de la qualité de service*", Thèse, UFR des Sciences et techniques, Université de Franche-Comté, 2001.
- [3] L Lareng, "*Réflexion éthique sur la télémédecine*", RBM-News, Volume 17, Issue 3, 1995, Pages 89-90
- [4] Y. Abou Al Tout, C. Taleb, M. Kosayer, P. Liverneaux, "*Télémédecine et urgences de la main : étude de faisabilité Annales de Chirurgie Plastique Esthétique*", Volume 55, Issue1,February2010,Pages8-13.
- [5] L. Chen Chi Song, A. Bourde, S. Behar, F. Staikowski "*Réseau de soins*" : projet de télémédecine afin d'améliorer la permanence des soins en site éloigné Journal Européen des Urgences, Volume 22, Supplement 2, June 2009, Page A52
- [6] J. E. Bardram, T. R. Hansen and M. Soegaard, "*AwareMedia – Ashared Interactive Display Supporting Social, temporal, and Spacial Awareness in Surgery*", CSCW'06, pp 109-118, November 4–8, 2006, Banff, Alberta, Canada.
- [7] L. O. B. da S. Santos, R. S. S. Guizzardi, and Marten van Sinderen, "*Agent-Oriented Approach to Develop Context-Aware Applications: A Case Study on Communities of Practic*", Technical Report TR-CTIT-05-20 Centre for Telematics and Information Technology, University of Twente, Enschede. ISSN 1381-3625
- [8] C. Tang and S. CarpendaleB. Smith, "*An Observational Study on Information Flowduring Nurses' Shift Change*", CHI 2007, pp 219-228, April 28–May 3, 2007, San Jose, California, USA.
- [9] A. Pnueli, "*The Temporel Logic of Programs*", In Wizard V. Oz an Mihalis Yannakakis, editors, Proceeding of the 18th Symposium on Foundations of computer Science, pages 46-47, 1977.
- [10] M. Ouzzif, M. Erradi and H. Mountassir, "*Description of a Teleconferencing Floor Control Protocol and its Implementation*", Engineering Applications of Artificial Intelligence, Volume 21, Issue 3, April 2008, Pages 430-441