

MODÈLE DE CONNAISSANCE GÉNÉRIQUE ET OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION POUR LES BLOCS OBSTÉTRICAUX

M. CHABROL¹, M. GOURGAND¹

¹LIMOS CNRS UMR 6158
Campus universitaire des Cézeaux
63177 Aubière Cedex
chabrol@isima.fr, gourgand@isima.fr

S. RODIER^{1,2}

²CHU de Clermont-Ferrand
Boulevard Léon Malfreyt
63058 Clermont-Ferrand Cedex 1
rodier@isima.fr

RESUMÉ : Dans les maternités, le bloc obstétrical est une zone protégée au sein de laquelle des règles d'hygiène très strictes sont appliquées. En utilisant les outils de modélisation UML, ARIS et le Langage d'Analyse et d'Evaluation des Systèmes Hospitaliers (LAESH), nous proposons un modèle de connaissance générique des blocs obstétricaux en vue de la conception et de la mise en oeuvre d'outils d'aide à la décision. Nous donnons ensuite les caractéristiques d'un premier outil, basé sur un modèle de simulation et appliqué sur le bloc obstétrical du Nouvel Hôpital Estaing.

MOTS-CLÉS : bloc obstétrical, modélisation, ASCI, UML, LAESH, simulation, outils d'aide à la décision.

1. INTRODUCTION

La réflexion menée sur la restructuration générale du Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Clermont-Ferrand l'a conduit à faire le choix d'un transfert complet des activités de l'un de ses établissements, l'Hôtel-Dieu, sur un nouveau site impliquant la construction d'une nouvelle structure : le Nouvel Hôpital Estaing (NHE). Entre autres, la direction du CHU doit repenser l'organisation de son bloc obstétrical qui regroupera en un seul et même lieu deux unités d'obstétrique aujourd'hui distinctes : celle de la maternité et celle de la polyclinique.

Aujourd'hui, les établissements de soins et de santé (centres hospitaliers, centre de soins spécialisés) sont confrontés aux mêmes contraintes que les entreprises de production de biens, notamment sur le plan qualitatif (accréditation) et économique (tarification à l'activité). La «chaîne de soins» doit assurer un service optimal au patient. Artiba et Di Martinelli (Artiba. et Di Martinelli, 2003) comparent l'organisation hospitalière à une Supply Chain Industrielle tandis que Féliès et al. (Féliès et al., 2004) proposent, par analogie avec cette dernière, de définir l'hôpital contemporain comme une Supply Chain Hospitalière. Dans ce contexte, l'analyse et la modélisation des organisations médicales pour la recherche d'une gestion adaptée à leurs nouveaux modes de fonctionnement et pour la conception d'outils d'aide à la décision sont une nécessité.

De nombreux travaux traitent des aspects modélisation, méthodologie, indicateurs de performance,... (Besombes et al., 2004 ; Belaidi et al., 2006 ; Ducq et al., 2004 ; Vissers, 1998). Par contre, les aspects outils d'aide à la décision pour les blocs obstétricaux ne sont que

partiellement traités comme, par exemple, l'étude présentée par Isken et al. (Isken et al., 1999) qui se centre sur les consultations externes en obstétrique. De nombreuses études ont été réalisées dans le domaine des systèmes hospitaliers et plus précisément sur les blocs opératoires. Comme nous le verrons plus loin, les blocs obstétricaux présentent des spécificités.

Dans ses travaux, Kowalsky (Kowalsky, 2006) rappelle que la modélisation est la première étape de l'aide à la décision : sans modèle, pas d'analyse possible de la situation, pas de simulation pour évaluer les solutions et pour prendre une décision. Le modèle permet de connaître les conséquences des décisions avant de les appliquer.

La modélisation est la représentation d'un système réel dans un langage approprié, par la formalisation et la capitalisation de connaissances sous une forme compréhensible et utilisable par diverses personnes ou logiciels, telle qu'elle puisse reproduire un fonctionnement ou prédire un comportement sous d'autres conditions (Claver et al., 1997).

La modélisation des systèmes hospitaliers présente certaines spécificités par rapport à la modélisation des systèmes de production industriels, spécificités liées principalement à la nature même des clients : les patients. On peut citer, par exemple :

- la notion de gamme opératoire : dans les systèmes de production, la gamme opératoire (chemin parcouru par le client) est connue à l'avance pour un même type de clients, ce qui n'est pas toujours le cas dans un système hospitalier. Le parcours du patient va pouvoir évoluer en fonction de l'état du patient mais également de la disponibilité des ressources à l'instant t (par exemple, une patiente prise en charge

- pour un accouchement voie basse qui finira par bénéficier d'une intervention en urgence pour césarienne) ;
- la notion de stock ou de file d'attente : si cette notion est présente dans les système hospitaliers, ses règles de gestion sont souvent beaucoup plus complexes que dans les systèmes de production, l'attente maximum « autorisée » du patient étant à gérer au cas par cas (unicité du patient) ;
- les notions de début et surtout de fin de traitement sont très aléatoires dans un système hospitalier qu'alors elles sont le plus souvent connues dans un système de production ;
- la notion de planning pour les ressources matérielles comme pour les ressources humaines ne peut pas être appliquée de la même manière dans un système hospitalier que dans un système de production (on ne connaît pas, a priori l'heure de fermeture d'une salle d'opération, ni l'heure à laquelle le chirurgien va finir sa dernière intervention programmée). Dans de nombreux cas, c'est le patient qui déterminera la fin de traitement par les ressources et non l'inverse comme on peut le voir dans les systèmes de production ;
- les ressources humaines nécessaires pour une opération élémentaire (niveau le plus fin de découpage de l'activité) sont le plus souvent fixes dans un système de production et dépassent rarement un à deux opérateurs pour une même opération, alors que dans les systèmes hospitaliers, on peut avoir jusqu'à six opérateurs pour une même opération élémentaire avec des règles de gestion complexes en terme de préférence et de priorités.

Ces spécificités doivent pouvoir être prises en compte dans le langage de modélisation que nous utiliserons.

Notre objectif étant la conception d'un outil d'aide à la décision, nous verrons dans une deuxième section les principaux éléments du cahier des charges de cet outil. Nous expliquerons dans une troisième section les spécificités des blocs obstétricaux avant de présenter dans la section suivante la méthodologie que nous avons suivie pour la construction d'un modèle de connaissance générique et notamment le Langage d'Analyse et d'Evaluation des Systèmes Hospitaliers (LAESH) que nous proposons pour prendre en charge les spécificités du domaine. Dans la cinquième section nous donnons le modèle de connaissance du bloc obstétrical avant de présenter l'outil d'aide à la décision basé sur un modèle de simulation et les résultats obtenus. Nous concluons en donnant quelques perspectives.

2. PRINCIPAUX ÉLÉMENTS DU CAHIER DES CHARGES DE L'OUTIL D'AIDE À LA DÉCISION

L'objectif principal de notre travail est de fournir aux équipes médicales et paramédicales du futur bloc obstétrical du Nouvel Hôpital Estaing, un outil d'aide à la décision pour :

- le dimensionnement : validation du dimensionnement de la structure physique et aide au dimensionnement des ressources humaines (fonctions, affectations par zone ...)
- le pilotage : tester et comparer des règles de gestion (affectation de moyens,...), étudier la réponse du système à des événements aléatoires, tester différents scénarii (plannings, charge,...), améliorer le fonctionnement du service ;
- la mesure de la performance : évaluation d'indicateurs, calcul des temps d'attente, taux d'occupation, identification d'éventuels goulot(s) d'étranglement (salle d'attente pleine,...).

Un deuxième objectif est l'accompagnement au changement des équipes médicales et soignantes. Notre travail doit permettre aux équipes de la maternité et de la polyclinique de travailler ensemble sur la mise en place des futures règles d'organisation du bloc obstétrical.

Pour atteindre ces objectifs, nous proposons de construire un modèle de connaissance (analyse et formalisation de la structure et du fonctionnement) du bloc obstétrical et de concevoir différents modèles de simulation à partir de différents logiciels (Witness, QNAP2 et SIMAN ARENA) afin de pouvoir comparer les résultats et les performances de chacun de ces outils.

La figure 1 synthétise cette approche et permet de mettre en évidence :

- la nécessité de concevoir un modèle de connaissance suffisamment formalisé et détaillé pour être repris par plusieurs personnes en charge de développer les modèles de simulation ;
- la nécessité de concevoir des interfaces d'entrée, de sortie et un modèle de résultats commun à l'ensemble des outils.

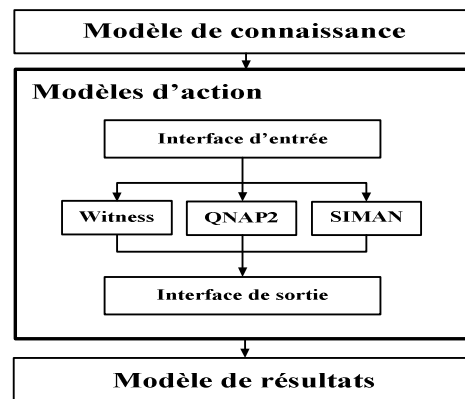


Figure 1. Cahier des charges de l'outil

3. LES SPÉCIFICITÉS DES BLOCS OBSTÉTRICAUX

Selon différents travaux du Ministère de la santé (www.sante.gouv.fr), les orientations actuelles autour du secteur mère-enfant concernent essentiellement les relations entre les différentes parties qui les constituent

et son intégration au reste de l'établissement de santé. Les orientations s'accordent à dire que le pôle mère - enfant doit pouvoir avoir une certaine autonomie, sa propre identité, tout en respectant les normes de sécurité. Pour les urgences, deux solutions se présentent : un accueil aux urgences générales qui orientent immédiatement sur l'obstétrique ou un accueil direct au service de maternité par un système de sonnette ou d'appel. En général, une ou deux salles d'examen sont disponibles pour les urgences, à l'entrée du bloc. La structure du bloc dépend souvent de la taille et de la catégorie de la maternité qui est fonction du niveau de technicité qu'elle présente. On distingue deux principaux types de structure pour le bloc obstétrical :

- le bloc obstétrical composé uniquement d'une zone d'accouchement et qui dispose en général d'une salle d'opération réservée dans un autre bloc opératoire, en particulier pour les césariennes ;
- le bloc obstétrical qui intègre, en plus de la zone d'accouchement, un bloc opératoire.

La maternité du CHU de Clermont-Ferrand est classée niveau III (maternité regroupant toutes les grossesses pathologiques et disposant d'une réanimation néonatale) et les blocs obstétricaux de la maternité, de la polyclinique ainsi que du futur hôpital intègrent chacun un bloc chirurgical.

La littérature sur le bloc obstétrical, hors publications purement médicales, est peu importante. Si de nombreux travaux se sont intéressés aux blocs opératoires, il n'en va pas de même pour le bloc obstétrical. Cette « pauvreté littéraire » s'explique en partie par la complexité de ce système qui rassemble des activités très différentes (consultations en urgence, accouchement, interruption médicale de grossesse,...) mais surtout difficilement prévisibles. Le bloc obstétrical apparaît comme une structure qui regroupe des zones aux modes de fonctionnements, niveau d'asepsie et de technicité totalement différents (salle de consultation, salle d'accouchement, salle d'opération...) et qui fait intervenir de nombreuses ressources, matérielles et humaines (médecin, sage-femme, anesthésiste, infirmière de bloc, infirmière anesthésiste...). Contrairement à un bloc opératoire classique, la proportion d'interventions programmées ou « programmables » qui s'y déroulent ne représente pas la majorité de l'activité, et les urgences deviennent vite vitales pour la patiente comme pour le nouveau né, nécessitant des règles de gestion très spécifiques. Devant une telle complexité, il apparaît d'autant plus important de modéliser ce type de systèmes en vue d'élaborer des outils d'aide à la décision.

4. UNE MÉTHODOLOGIE POUR LA CONSTRUCTION D'UN MODÈLE DE CONNAISSANCE

Les travaux de Chabrol *et al.* (Chabrol *et al.*, 2006) montrent qu'il est intéressant, pour classer les différents types de problèmes rencontrés lors de la modélisation de systèmes complexes, de coupler les approches

macroscopique, mesoscopique et microscopique avec les différents horizons temporels classiques : stratégique, tactique et opérationnel. Ces différents horizons demandent des niveaux de granularité différents pour toute étude de modélisation réalisée en vue d'apporter des outils d'aide à la décision.

L'étude approfondie de la littérature montre une relative pauvreté des approches de modélisation formelle de processus et de simulation dans le cadre des systèmes hospitaliers : ces modèles correspondent généralement des approches trop abstraites pour être instanciées sur le domaine hospitalier ou sont uniquement conçus pour un problème spécifique (Brender, 1999 ; Moreno *et al.*, 2001 ; Galland *et al.*, 2003). Une analyse des méthodes et outils utilisés pour le domaine de la Supply Chain (Chabrol *et al.*, 2006 ; Hongwei *et al.*, 2005) montre le caractère dédié des approches existantes dans la littérature et qu'il existe un besoin pour un environnement de modélisation et de simulation pour les systèmes hospitaliers permettant de couvrir les différents horizons temporels.

4.1 La méthodologie utilisée

La méthodologie ASCI (Analyse, Spécification, Conception, Implémentation) a été élaborée au LIMOS (Gourgand, 1984). Cette méthodologie est basée sur la conception (i) d'un modèle de connaissance dans lequel est formalisée la connaissance du système ; (ii) d'un ou plusieurs modèle(s) d'action qui peuvent être conçus à partir de modèles d'évaluation de la performance (modèle analytique, simulation), de méthodes d'optimisation (modèle mathématique, heuristiques, méta heuristiques...) ou d'un couplage des deux ; (iii) d'un modèle de résultats qui permet à partir du modèle d'action d'obtenir les indicateurs nécessaires pour pouvoir agir sur le système.

Cette méthodologie a été construite à la suite de nombreuses études concernant la modélisation et l'évaluation des systèmes complexes (systèmes industriels, systèmes de transport,...). Dans de précédents travaux (Chabrol *et al.*, 2006), nous avons montré l'intérêt d'utiliser cette méthodologie adaptée aux systèmes hospitaliers afin de construire, pour un système donné des modèles de connaissance, d'action et de résultats permettant à la fois une aide à la décision et une action sur le système.

Gourgand et Kellert (Gourgand et Kellert, 1991) ont défini le modèle de connaissance comme la formalisation dans un langage naturel ou graphique (méthodes et outils de spécification) de la structure et du fonctionnement de ce système. Le modèle de connaissance d'un système peut exister soit dans l'esprit de l'expert industriel ou en modélisation (modèle mental), soit sur un support (modèle communicatif : dessins, papier, support informatique,...). Si le système existe (modélisation a posteriori), le modèle de connaissance contient l'information issue de la phase de conception (plans, dessins,...), ainsi que l'ensemble des connaissances acquises lors des phases d'observation. Si le système n'existe pas (modélisation a priori), le modèle de connaissance contient l'information issue de la phase de conception et les hypothèses et

contraintes concernant son fonctionnement et imposées par les concepteurs (cahier des charges du système). Le recueil et la formalisation de la connaissance du système se font par une extraction des entités du système, des relations entre ces entités, des règles de fonctionnements, et de la charge du système. Le processus de modélisation (figure 2) préconise une vision systémique avec une décomposition du système étudié en trois sous-systèmes communicants :

- le Sous-Système Physique (SSP) définit l'ensemble des moyens physiques, leur répartition géographique et leur interconnexion ;
- le Sous-Système Logique (SSL) est constitué des entités que le système doit traiter, des ensembles d'opérations concernant ces flux ainsi que des nomenclatures qui s'y rapportent ;
- le Sous-Système Décisionnel (SSD) contient les règles de gestion et de fonctionnement du système ;

Bien que les trois sous-systèmes soient structurellement disjoints (il n'y a pas d'informations redondantes) il existe des relations fonctionnelles entre eux : les interfaces qui permettent la communication entre ces sous-systèmes. Le SSD agit à la fois sur le SSP (règles de gestion, d'attribution des ressources,...), grâce aux méthodes (règles de fonctionnement) des objets du SSP et aux actionneurs, et sur le SSL (règles de gestion, choix des divers traitements,...). Le SSD reçoit en permanence des informations de la part des autres sous systèmes grâce aux capteurs physiques et logiques et aux attributs des objets ce qui lui permet de connaître, à tout moment, l'état du système. Le SSL sollicite la reconfiguration du SSP pour prendre en compte des variations significatives de la charge du système.

La figure 2 rappelle le processus itératif de modélisation tel qu'il est mis en place à travers la méthodologie ASCI et dont la version la plus récente est donnée par Norre (Norre, 2005).

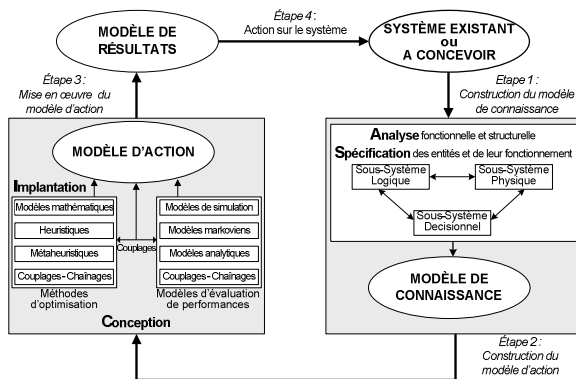


Figure 2. Processus de modélisation d'un système

Dans ce papier, nous nous intéressons principalement à la première étape qui consiste à analyser le système et à formaliser les informations recueillies. Cette phase de spécification du processus permet de construire le modèle de connaissance. Nous donnons également pour exemple un premier modèle d'action basé sur un modèle de simulation à événements discrets et permettant

d'obtenir un modèle de résultats en cours de finalisation. La démarche que nous suivons est donnée par la figure 3. En partant du cahier des charges, élaboré avec les futurs utilisateurs et la direction du CHU, et en nous appuyant sur une analyse du domaine et de la littérature, nous avons construit un modèle de connaissance générique du bloc obstétrical. L'instanciation de ce modèle sur la structure du futur bloc obstétrical du NHE et la création d'une bibliothèque de composants logiciels nous ont permis de proposer un premier modèle d'action, basé sur un modèle de simulation à événements discrets.

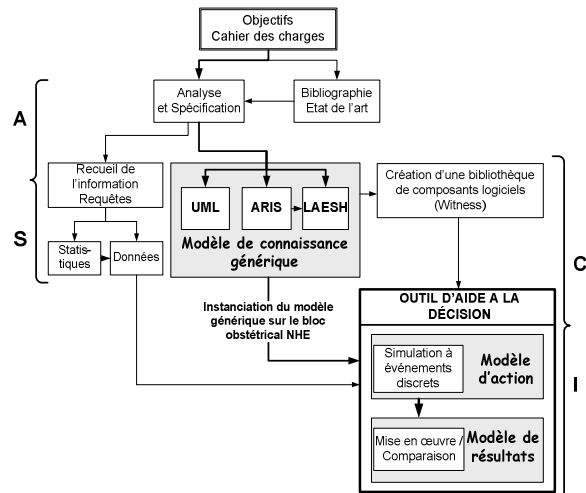


Figure 3. Démarche

4.2 Les formalismes retenus pour la construction du modèle de connaissance

Les méthodes de modélisation des systèmes sont nombreuses. Trilling (Trilling, 2003) classe les différentes méthodes, méthodologies, architectures de références et cadres de modélisation en quatre catégories :

- les approches structurées basées sur le principe de la décomposition descendante, modulaire, hiérarchique et structurée : SADT, SART, IDEFx ;
- les approches systémiques focalisées sur l'interaction des systèmes et plus particulièrement sur l'analyse des flux : MERISE, CIMOSA, GRAI, GIM, PERA, UEML... ;
- les approches orientées processus fondées sur l'analyse et la réorganisation des systèmes sur les processus mis en œuvre dans l'entreprise (ARIS, SCOR, EPRE...) ;
- les approches orientées objet souvent orientées conception de système d'information (UML, FIDO).

Le choix d'une méthode ou d'un langage dépend bien entendu des objectifs de la modélisation mais également des contraintes qui peuvent se poser en terme d'accessibilité, de convivialité, de temps d'apprentissage intrinsèques à chacune de ces méthodes.

L'objectif final étant de concevoir des outils d'aide à la décision utilisés par les médecins et les soignants, nous devons à la fois pouvoir atteindre un niveau de finesse

très élevé dans la modélisation tout en restant suffisamment « lisible » malgré la complexité du système. Une autre contrainte à respecter, liée à la diversité des intervenants sur le projet : soignants, médecins, informaticiens, direction... était de trouver une méthode facilement assimilable par des personnes, pour la plupart, non initiées à la modélisation, afin que ces derniers puissent à tout moment comprendre et compléter éventuellement le modèle de connaissance (pour les soignants et médecins par exemple) et répercuter ces modifications sur les modèles d'action (pour les informaticiens).

Pour la création d'outils d'aide à la décision, nous nous plaçons au niveau le plus fin de la modélisation de notre système (approche microscopique), tel que nous l'avons défini (Chabrol *et al.*, 2005). La décomposition systématique du système doit donc être complétée par :

- les parcours des patients qui donnent, pour chaque type de pathologie ou d'intervention (accouchement voie basse, césarienne, consultation...), l'enchaînement des événements et des actions ainsi que l'ensemble des ressources mobilisées ;
- les fonctions des acteurs (ressources humaines) qui donnent les plannings de base des différentes ressources intervenant dans le système ainsi que l'ensemble des tâches, programmées ou aléatoires, que ces derniers doivent remplir et qui ne sont pas comprises dans les parcours patients (préparation des salles, formation, tâches administratives, ...).

Au vu de ces éléments, nous nous sommes intéressés à deux approches :

- une approche orientée objet pour la décomposition systématique du système en sous système physique, logique et décisionnel : notre choix s'est porté sur le langage UML qui à l'avantage d'être une formalisation très aboutie et non propriétaire de la modélisation objet utilisée en génie logiciel et facilement compréhensible par des « non initiés ». Pour ce découpage en sous-systèmes, nous avons utilisé les diagrammes de classes.
- une approche orientée processus pour modéliser les parcours patients et fonction des acteurs. Nous avons opté, dans un premier temps pour la méthode ARIS (Sheer, 2001). Les parcours patients ont été formalisés sous forme de chaînes de processus événementielle (CPE). Afin de compléter ces parcours patients et d'identifier les différentes tâches allouées à l'ensemble des acteurs intervenant dans le système, nous avons pour chaque catégorie de personnel (sage-femme, aide soignante,...) un planning détaillé quart d'heure par quart d'heure de l'ensemble des tâches effectuées sur la journée. Ces informations ont été formalisées sous formes d'arbres de fonctions ARIS.

Le recueil de l'information auprès des services nous a permis d'identifier le nombre important et la complexité des parcours patients avec l'utilisation de probabilités et/ou de règles de gestion dans ces parcours mais également dans les « opérations élémentaires » qui les compo-

sent (expressions booléennes sur les ressources, préférences,...). Nous n'avons pas réussi à modéliser de manière exploitable cette complexité à l'aide de la méthode ARIS. Nous avons donc proposé l'utilisation d'un nouveau langage : le langage d'Analyse et d'Évaluation des Systèmes Hospitaliers (LAESH) dont nous exposons les principes dans la partie suivante.

4.3 Le Langage d'Analyse et d'Évaluation des Systèmes Hospitaliers

LAESH est une extension du Langage d'Analyse et d'Évaluation des Systèmes (LAES) proposé, il y a quelques années, par le LIMOS (UMR CNRS 6158), pour la modélisation des systèmes complexes principalement basés sur une approche transaction.

4.3.1 Approche station et approche transaction

Il existe deux approches dans la conception d'un modèle : l'approche transaction et l'approche station. Nous rappelons les définitions de ces approches et situons leur place dans le processus de modélisation en montrant qu'elles sont complémentaires. L'approche transaction favorise une démarche d'acquisition et de structuration de la connaissance d'un système, tandis que l'approche station facilite une exploitation de cette connaissance en vue de construire un modèle d'action du système modélisé. Dans l'approche transaction, on décrit, dans le formalisme choisi, le fonctionnement du système en spécifiant, pour chaque type de flux d'entités qui traversent ce système, le cheminement de ces entités et les traitements successifs qu'elles subissent. Dans l'approche station, l'observateur (ou le concepteur) décrit, dans le formalisme choisi, le fonctionnement de chaque ressource active du système. Il définit en fait les relations qui lient les ressources actives aux diverses entités passives qui les visitent. Parmi les entités passives, on distingue les composants (qui sont transformés) des ressources passives qui ne subissent pas de transformation (salles, outils).

Les éléments de flux qui traversent un système pour être traités sont nommés transactions. Dans un système industriel de production, les transactions sont les composants, les matières premières, les produits semi-ouvrés. Dans un système hospitalier, ce sont essentiellement les patients et les accompagnants. Enfin, dans un système informatique, ce sont les programmes (système d'exploitation ou utilisateur) qui peuvent être décomposés en un ensemble de tâches où chaque tâche est une transaction. Un traitement est composé d'un ensemble d'activités élémentaires (i.e. qui sont indécomposables). La réalisation d'un traitement ne peut être considérée que si la transaction possède une ressource active. On considère trois types d'activités : la demande d'une ressource, le rendu d'une ressource et le service élémentaire qui consiste à exploiter proprement dit la ressource active qui supporte la transaction. Une activité peut être instantanée, avoir une durée constante connue ou une durée aléatoire, mais de loi connue. Dans certains cas, une activité a une durée inconnue a priori car cette durée dépend de l'état du système.

4.3.2 Présentation de LAESH

LAESH modélise le cheminement du client à l'aide de deux représentations graphiques. Le premier niveau, dit global, utilise les notions de catégorie, de phase et de chemin. Le second niveau, dit détaillé, donne le contenu de chaque phase. Les systèmes étudiés sont ouverts. Plusieurs demandes de service sont acceptées concurrentement. Une demande de service correspond à une catégorie de clients demandant un ensemble de services élémentaires. Un chemin est « l'itinéraire » suivi par le client dans le système, depuis son entrée jusqu'à sa sortie.

- La représentation graphique globale est une arborescence faisant apparaître les différents chemins que peut emprunter une catégorie de clients et les phases constituant les chemins. La racine est la phase d'entrée dans le système. Les feuilles de l'arborescence sont obligatoirement des phases de sortie du système. Un nœud autre que la racine ne peut être une phase d'entrée. Un chemin est la suite de phases reliant la phase d'entrée et une phase de sortie. Un chemin est un enchaînement de phases. Une phase est un ensemble d'opérations élémentaires. Une phase peut être commune à plusieurs chemins (on utilise alors l'appel de phase).

La figure 4 donne un exemple de représentation globale d'une catégorie contenant 5 phases et 3 chemins. La représentation globale de chacune des catégories de patients s'est avérée être un outil de communication très apprécié des médecins et soignants.

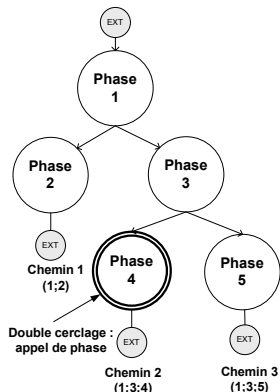


Figure 4. Représentation globale d'une catégorie

- La représentation détaillée (pour chaque phase) décrit, pour chaque catégorie de « client », l'enchaînement des opérations élémentaires et des symboles de structuration : début et fin de phase, exécution d'un service élémentaire, temporisation, prise et rendu de ressource passive, boucle, traitement en parallèle, appel de phase, appel de sous phase.

Une opération élémentaire est représentée par un code et des attributs. La figure 5 donne l'exemple d'une opération qui mobilise la ressource passive (salle) n°20 et la ressource active (ressource humaine) n°2 ou, exclusivement (XOR) la ressource active n°1 pour le temps T. Les ressources actives mobilisées sont celles de la zone d'affectation n°1 et l'opération concerne la classe 1 (classe principale = le patient).

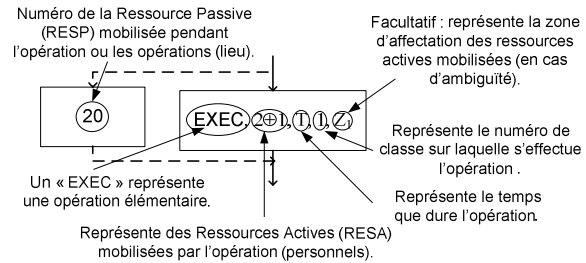


Figure 5. Opération élémentaire

Les principales extensions apportées au langage portent sur les ressources dont les règles de gestion sont souvent complexes. Contrairement au système industriel où l'on arrive, en général, facilement à affecter une tâche à une catégorie de ressources, dans les systèmes hospitaliers, on fonctionne très fréquemment par combinaison de ressources avec des notions de préférences et de priorité. La spécificité même des clients du système que nous étudions, les patients, justifie des règles de gestion des ressources plus complexe que pour des systèmes industriels classiques : par exemple, on imagine mal laisser une maman accoucher seule dans le couloir du bloc obstétrical car les ressources qui « devrait » lui être affectées ne sont pas immédiatement disponibles.

La liste, non exhaustive, des premières extensions apportées au langage LAESH est la suivante :

- opération élémentaire assurée par k_i ressources de type i ET (AND) k_j ressources de type j ;
- opération élémentaire assurée par k_i ressources de type i ET/OU (OR) k_j ressources de type j ;
- opération élémentaire assurée par k_i ressources de type i OU EXCLUSIF (XOR) k_j ressources de type j ;
- utilisation simultanée d'une ressource active par plusieurs clients (ressource partagée) ;
- maintien de la ou des même(s) ressources actives pour l'enchaînement de plusieurs opérations : ressources personnalisées ;
- utilisation prioritaire de ressources affectées à une zone ;
- préemption d'une ressource pour l'exécution de plusieurs opérations élémentaires en simultanément : priorité des opérations ;
- appel de phase ;
- déclenchement de catégorie.

5. MODÈLE DE CONNAISSANCE GÉNÉRIQUE DU BLOC OBSTÉTRICAL

Notre modèle de connaissance doit être générique pour les raisons suivantes :

- les deux blocs obstétricaux qui se situent actuellement à la maternité et à la polyclinique sont des structures totalement indépendantes ;
- le futur bloc obstétrical du Nouvel Hôpital Estaing n'est pas encore construit et les règles de fonctionnement qui seront appliquées doivent pouvoir évoluer.

Notre modèle doit donc pouvoir être instancié sur ces trois structures différentes afin de permettre, d'une part, le recueil et la formalisation de la connaissance sur les structures actuelles (maternité et polyclinique), mais également la conception de modèles d'action et de résultats (outils d'aide à la décision) pour la future structure du NHE et pour d'autres hôpitaux.

5.1 Décomposition systémique du bloc obstétrical

En nous appuyant sur nos précédents travaux dans lesquels nous avons défini l'ensemble des entités composant le modèle générique de connaissance des blocs opératoires, et en tenant compte des spécificités du bloc obstétrical, nous présentons les trois sous-systèmes physique, logique et décisionnel, du modèle de connaissance du bloc obstétrical (figure 6) :

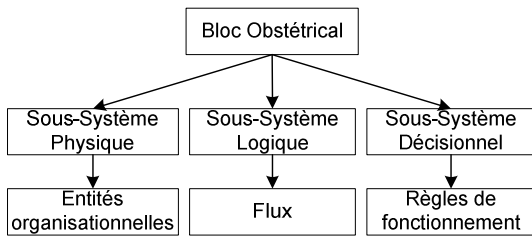


Figure 6. Les trois sous-systèmes du bloc obstétrical

- Le Sous-Système Physique du bloc obstétrical comporte les entités organisationnelles : unités de transport, zone(s) d'attente (patientes, accompagnants...), zone(s) de soins, locaux techniques (décontamination, stockage), locaux à destination du personnel, ressources humaines, ressources matérielles, capteurs.

Un capteur est un dispositif de mesure directe et instantanée. Un capteur collecte des informations destinées au sous-système décisionnel. La valeur donnée par le capteur est une composante du vecteur d'état du système modélisé. Il peut fournir une indication sur l'état de n'importe quelle entité, par exemple libre ou occupée. Au niveau le plus détaillé, nous avons répertorié 24 entités organisationnelles

- Le Sous-Système Logique du bloc obstétrical est composé des flux suivants : humains, matériels, financiers et informationnels.

- Le Sous-Système Décisionnel est composé de capteurs, d'un centre de décision (le Conseil de Bloc), d'un centre de pilotage.

Le tableau 1 donne le nombre de classes et de sous classes d'objets répertoriés pour les trois sous-systèmes du bloc obstétrical.

	SSP	SSL	SSD	Total
Nombre de classes	16	7	4	27
Nombre de sous-classes	55	2	0	57
Total	71	9	4	84

Tableau 1. Classes d'objets des sous-systèmes

5.2 Parcours patients et fonctions des acteurs

Les parcours patients et fonctions des acteurs ont été modélisés sous LAESH. Le tableau 2 donne les principaux éléments des parcours patients.

Catégories de patients	8
Phases	61
Chemins (Parcours patients)	38
Nombre d'EXEC (opérations élémentaires)	153
RESA (type de personnel)	9
RESP (salles)	31
Zones	3

Tableau 2. Eléments LAESH du modèle de connaissance du bloc obstétrical.

La figure 7 donne un exemple de représentation globale pour la catégorie de patients n°1 (consultations en urgence femmes enceintes) qui comporte 15 phases et 9 chemins. La figure 8 donne la représentation graphique détaillée de la phase 4 de cette catégorie.

La figure 9 donne l'enchaînement des opérations de la sous-phase 3 appelée par la phase 4. On remarque le déclenchement (DECA) d'une à plusieurs catégorie(s) n°8 (bébé césarienne) lors de cette sous phase.

Pour répondre aux spécificités des systèmes hospitaliers, telle que l'exécution « obligatoire » de certaines opérations, quelle que soit la ressource disponibles (prise en charge d'une urgence, complication, hémorragie de la délivrance...), le modèle de connaissance formalisé à l'aide de LAESH permet de prendre en compte pour chaque opération élémentaire, une expression booléenne sur les types de ressources et autorise la notion de préférence. L'expression booléenne est construite avec les opérateurs OR (\vee), AND (\wedge) et XOR (\oplus).

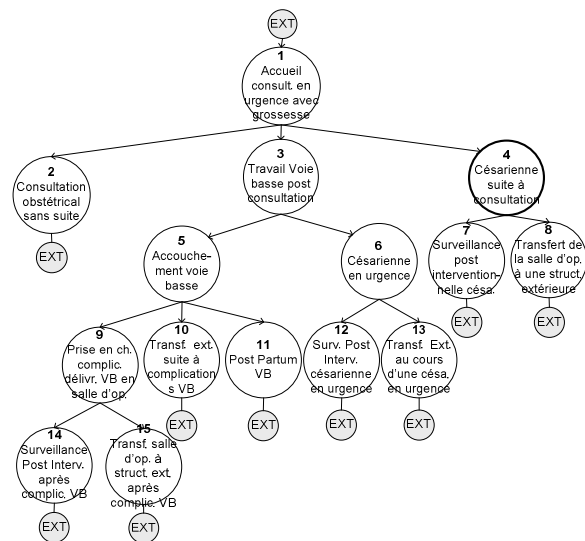


Figure 7. Représentation globale de la Catégorie 1 - Consultations en urgence femmes enceintes

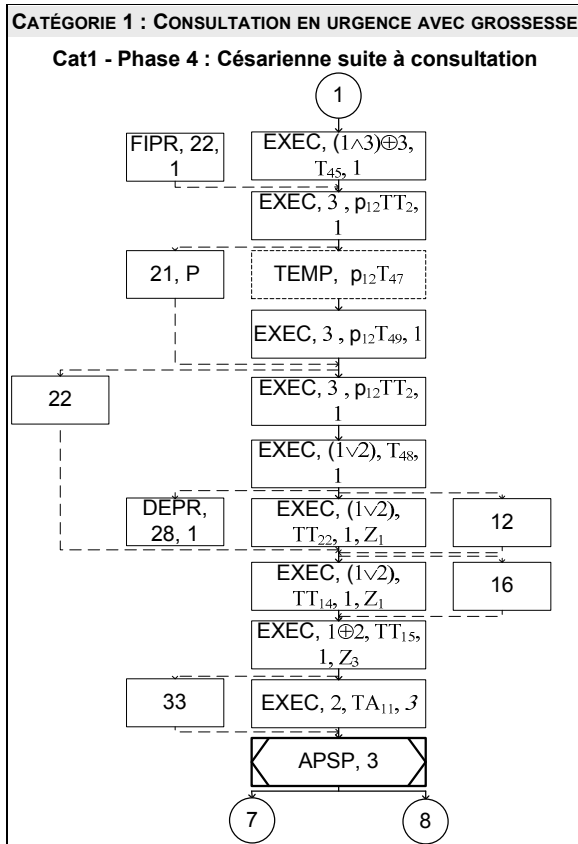


Figure 8. Présentation graphique détaillée de la phase 4 de la catégorie 1

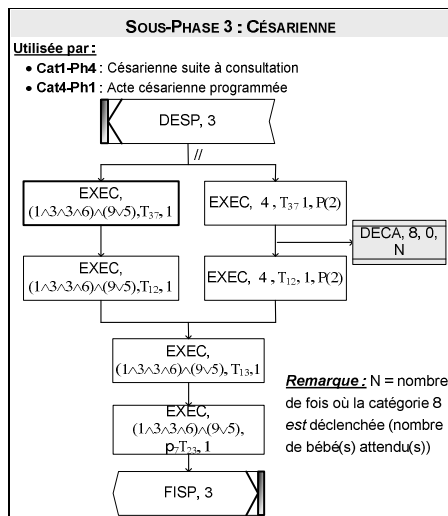
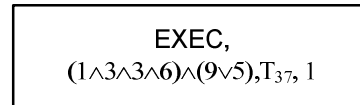


Figure 9. Sous-Phase 3 - Césarienne

La figure 10 représente une opération élémentaire de la sous-phase 3. Cette opération se déroule dans la zone opératoire (ZO). En fonction des règles de priorité, elle va faire appel prioritairement aux ressources humaines de la zone opératoire ou aux ressources multi zones avant de faire appel, si besoin, aux ressources de la zone voisine : la zone d'accouchement (ZA). Dans l'exemple qui suit nous verrons que sont d'abord appelés la sage-

femme de la zone opératoire (SFZO) ou la sage-femme multi-zone (SF), avant de faire appel, en dernier recours, à la sage-femme de la zone d'accouchement (SFZA).



Légende :

- 1 : SF - sage-femme
- 3 : GO - gynécologue obstétricien
- 5 : IBO - infirmier de bloc opératoire
- 6 : IADE - infirmier anesthésiste diplômé d'état
- 9 : SFBO - sage-femme de bloc opératoire

Figure 10. Opération élémentaire

La combinaison booléenne des ressources actives de l'opération élémentaire de la figure 10 se traduit de la manière suivante dans un modèle de simulation conçu avec Witness 2006 (qui ne gère pas l'opérateur OR) :

(SFZO AND GO#2 AND IADE) AND (SFBO AND IBO)
XOR (SF AND GO#2 AND IADE) AND (SFBO AND IBO)
XOR (SFZO AND GO#2 AND IADE) AND SFBO
XOR (SF AND GO#2 AND IADE) AND SFBO
XOR (SFZO AND GO#2 AND IADE) AND IBO
XOR (SF AND GO#2 AND IADE) AND IBO
XOR (SFZA AND GO#2 AND IADE) AND (SFBO et IBO)
XOR (SFZA AND GO#2 AND IADE) AND SFBO
XOR (SFZA AND GO#2 AND IADE) AND IBO

Afin de compléter les parcours patients et d'identifier les différentes tâches allouées à l'ensemble des acteurs intervenant dans le système, nous avons pour chaque catégorie de personnel (sage-femme, aide soignante,...) un planning détaillé quart d'heure par quart d'heure de l'ensemble des tâches effectuées sur la journée et indépendantes des activités directement liées au patient (ouverture des salles le matin, formation, staff...).

Le modèle de connaissance est générique et de nombreux éléments sont paramétrables:

- type et nombre de ressources
- probabilités sur les catégories ;
- probabilités sur les chemins ;
- probabilités inter-phases ;
- temps des opérations élémentaires ;
- priorités des opérations élémentaires ;
- lois d'arrivée des entités de flux (patientes)...

6. L'OUTIL D'AIDE À LA DÉCISION

Un outil d'aide à la décision permet au «décideur» de tester plusieurs propositions ou choix possibles pouvant résoudre un problème. Ainsi, les outils d'aide à la décision à mettre en place dépendent des différents paramètres et de la nature du problème à résoudre. Notre outil d'aide à la décision sur le bloc obstétrical du NHE, doit permettre aux responsables du service de tester différents scénarii et leur incidence sur le fonctionnement du futur bloc en permettant une analyse plus fine en termes de dimensionnement des ressources, de mesure de la performance et de pilotage (règles de fonctionnement). Cet outil est basé sur un modèle de simulation.

6.1 Variables en entrée

Les variables d'entrée sont :

- les ressources humaines du modèle avec les différents créneaux horaires de présence (planning) et le nombre de personnes par planning / créneau horaire ;
- la charge du système, avec :
 - le nombre total de patientes attendues par semaine ;
 - la répartition de ces patientes par « parcours » ;
 - les modalités d'arrivée des patientes par « parcours » (programmées, en urgence, lois d'arrivée) ;
 - les différentes probabilités (complications, naissances multiples...)
- les différents temps d'opération élémentaire (constants, variables).

L'interface permet de générer un planning d'arrivée des patientes en fonction des données et paramètres saisis (nombre et répartition des patientes, loi d'arrivée...). Ce planning peut ensuite être revu par les utilisateurs avant de lancer la simulation. La simulation se fait sur une semaine.

6.2 Le modèle de simulation

6.2.1 La bibliothèque de composants logiciels

Dès le début de la conception du modèle de simulation avec Witness, nous nous sommes aperçus des possibilités mais également des limites des outils de simulation, souvent plus adaptés à des modèles issus des systèmes industriels qu'hospitaliers (difficultés à prendre en compte différents types de flux, à permettre la préemption des tâches, à prendre en compte des règles d'affectation de ressources complexes...). Nous avons alors conçu une bibliothèque de composants logiciels Witness permettant de répondre à ces spécificités : Le tableau 3 présente des composants créés et spécifiques à notre problème.

C1 - Accouchement simple : déclenchement de parcours (gamme opératoire).
C2 - Accouchement avec complication : modification de la gamme opératoire des processus pères et fils.
C3 - Accouchement et prise en charge bébé césarienne : production d'une nouvelle entité, traitement sur un nouveau poste de travail et regroupement des entités père et fils sur un nouveau poste de travail pour traitement final.
C4 - Préemption des ressources : Modèle à trois machines simulant la préemption avec des ressources auxquelles on a affecté un planning manuellement.
C5 - Salle de soins post interventionnel (SSPI) avec compteur et ressource attachée/ détachée selon une variable.
C6 - Surveillance ponctuelle par processus de panne et tâches administratives : mobilisation ponctuelle de ressource humaine et génération de nouvelles entités de flux.
C7 - Changement des niveaux de priorité des machines pour préemption activité.
C8 - Fonctions des acteurs : injection de nouveaux clients dans le modèle et prise en compte des priorités.

Tableau 3. Composants logiciels Witness

6.2.2 Le modèle de simulation du bloc obstétrical

Le modèle de simulation a été conçu à partir du logiciel Witness en tenant compte de la structure physique du futur bloc obstétrical pour l'ensemble des déplacements des patients et des ressources humaines. Le tableau 4 donne les règles de passage du modèle de connaissance au modèle d'action. Le tableau 5 donne les principales caractéristiques du modèle de simulation Witness.

Objet UML	LAESH	WITNESS
Patiente	Catégorie	Type d'article
Zone	Attribut d'EXEC	Module
Salles	RESP, DEPR, FIPR	Machine
Ressource humaine	RESA	Opérateur
.....	EXEC	Cycle de production
	DEBO, FIBO	Stock/Machine
	DEPA, FIPA	Ressource attachée
	Déclenchement catégorie	Cycle de production

Tableau 4. Règles de passage du modèle de connaissance UML/LAESH au modèle d'action Witness

Modèle d'action Witness			
Types d'article	20	Types de stock	13
Types de machine	35	Stocks	32
Machines	75	Modules	5
Cycles de production (total)	40	Chemins (routage)	102
		Variables	130
Types d'opérateur	16	Lignes de code	20460

Tableau 5. Caractéristiques du modèle de simulation

L'interface a été conçue pour permettre à l'utilisateur de pouvoir suivre de nombreux indicateurs en temps réel : taux d'occupation des ressources passives et actives ; nombre de ressources de chaque type occupées simultanément ; temps d'attente cumulé dans les zones d'accueil ; nombre de patients de chaque catégorie traités...

6.3 Résultats obtenus

Outre les indicateurs cités, les résultats obtenus en fin de simulation sont :

- nombre d'opérations avec répartition par salle ;
- taux d'occupation des salles ;
- taux d'occupation des ressources ;
- évaluation de la charge de travail ;
- temps d'attente pour chaque opération...

Des tableaux croisés dynamiques ont été créés pour permettre une analyse plus fine des résultats : données par catégorie de patients, par salle, par type de ressource humaine...

Le modèle de résultat contient :

- des courbes et histogrammes (taux d'occupation, évaluation de la charge de travail) ;
- des tableaux (nombre d'opération, de patientes, de nouveaux nés).

7. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'outil d'aide à la décision est aujourd'hui opérationnel. Il a été présenté aux hospitaliers et validé. Cet outil est installé dans les services obstétriques de la maternité et de la polyclinique afin que les médecins et cadres de santé puissent tester différents scénarii d'organisation et constater leurs incidences sur le système.

Cette démarche est vécue par les médecins et les soignants comme un réel accompagnement au changement leur permettant de se projeter sur l'avenir et de revoir éventuellement certaines de leurs pratiques actuelles.

Les perspectives que nous envisageons concernent principalement la comparaison des résultats obtenus avec les différents logiciels de simulation. Le modèle de connaissance réalisé avec LAESH a été utilisé pour la conception de nouveaux modèles de simulation sous QNAP2 et SIMAN ARENA. LAESH présente à cet effet deux avantages fondamentaux :

- il permet de générer directement le fichier d'entrée QNAP2 ;
- son architecture offre de nombreuses similitudes avec les réseaux de Petri qui permettent de construire rapidement un modèle de simulation sous SIMAN.

Les modèles QNAP2 et SIMAN ARENA restent à interfacer avec les modèles d'entrée et de sortie commun afin de comparer les résultats des trois outils.

RÉFÉRENCES

- Artiba A. et Di Martinelli C., 2003, Allocation des patients : problématique et approche de résolution par la simulation, *Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers (GISEH)*, Lyon, France.
- Belaidi A., Besombes B., Guinet A., Marcon E. et Viallon A., 2006, Utilisation de la modélisation d'entreprise pour la réorganisation de la prise en charge des patients aux urgences, *Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers*, Luxembourg, Luxembourg.
- Besombes B., Marcon E., Albert F., Merchier L. et Bernaud M., 2004, Modélisation d'établissement de santé, *Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers*, Mons, Belgique.
- Brender J., 1999, Methodology for constructive assessment of IT based systems in an organisational context, *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 56.
- Chabrol M., Chauvet J., Féliès P. and Gourgand M., 2005, The New Hospital of Estaing knowledge model: an operational tool for strategic management and flow modelling in a hospital Supply Chain, *Management of Healthcare & Medical Technology*, Aalborg, Danemark.
- Chabrol M., Féliès P., Gourgand M., Tchernev N., 2006, Un environnement de modélisation pour la Supply Chain Hospitalière : application sur le Nouvel Hôpital d'Estaing, *Ingénierie des Systèmes d'Information*, Volume 11, Issue 1, pp. 137-162.
- Claver J.-F., Gélimer J. et Pitt D., 1997, *Gestion de flux en entreprises, modélisation et simulation*, Editions Hermès.
- Ducq Y., Vallespir B. et Doumeings G., 2004, Utilisation de la méthodologie GRAI pour la modélisation, le diagnostic et la conception d'un système hospitalier, *Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers*, Mons, Belgique.
- Féliès P., Gourgand M. et Tchernev N., 2004, Une contribution à la mesure de la performance dans la supply chain hospitalière : L'exemple du processus opératoire, *Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers*, Mons, Belgique.
- Galland S., Grimaud F., Beaune P. and Campagne J.P., 2003, MAMA-S: An introduction to a methodological approach for the simulation of distributed industrial systems, *Int. J. Production Economics* n° 85.
- Gourgand M., 1984, *Outils logiciels pour l'évaluation des performances des systèmes informatiques*, Thèse d'Etat, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand.
- Gourgand M., Kellert P., 1991, *Conception d'un environnement de modélisation des systèmes de production*, 3^{ème} congrès international de génie industriel, Tours, France .
- Hongwei D., Benyoucef L. and Xie X., 2005, *A modeling and simulation framework for supply chain design*, *Supply Chain Optimisation*, sous la direction de A.Dolgui, J. Soldek and O. Zaikin, Springer.
- Isken M. W., Ward T.J., McKee T.C., 1999, Simulating outpatient obstetrical clinics. Proceeding of the *Winter Simulation Conference*, P. A. Farrington, H. B. Nembhard, D. T. Sturrock, and G. W. Evans, eds. pp. 1557-1563.
- Kowalsky Y., 2006, *Aide à la décision par l'analyse sémantique et la simulation des interactions dans l'organigramme, modèle qualitatif général d'audit pour les entreprises*, Thèse de doctorat, Université de Fribourg, Suisse.
- Moreno L., Aguilar R.M., Pineiro J.D., Estevez J.F., Sigut J.F., 2001, Gonzales C., Using KADS methodology in a simulation assisted knowledge based system: application to hospital management, *Expert system with application* n° 20.
- Norre S., *Heuristiques et métaheuristiques pour la résolution de problèmes d'optimisation combinatoire*, 2005, HDR, Université Blaise Pascal, Clermont-Fd.
- Rodier S., 2006, *Modèles et outils logiciels pour la planification et le pilotage des blocs opératoires : état de l'art et modèle générique de connaissance*, Mémoire de Master2.
- Sheer A. I., 2001, *ARIS 6 Collaborative Suite*, version 6.
- Trilling L., 2006, *Aide à la décision pour le dimensionnement et le pilotage de ressources humaines mutualisées en milieu hospitalier*, Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.
- Vissers M.H., 1998, Health care management modelling: a process perspective, *Health Care Management Science* 1, p 77-85, 1998.