

Modélisation et Simulation de Flux Dans un Service d'Imagerie de l'HMRUO

Mohamed MOUSSA et Khaled BELKADI

*Département d'Informatique, Faculté des Sciences,
USTOran-Algérie BP 1505 Oran M'naouer 31000 Oran Algérie*

assuom78@gmail.com

belkadi1999@yahoo.com

Résumé: L'étude des systèmes hospitaliers est complexe à cause du grand nombre d'entités qu'ils contiennent et de leurs interactions. Pour gérer cette complexité, la modélisation aide au choix des entités pertinentes et donc à la négligence des entités non pertinentes. Le résultat de ces choix est appelé modèle et contient donc la description d'une partie pertinente du système. Pour faire face à cette complexité, il faut utiliser une méthodologie qui permet la séparation des phases d'analyse de spécification, de conception et d'implémentation (ASCI).

Dans ce papier, nous présentons et nous étudions la méthodologie ASCI et nous essayons de mettre en œuvre les étapes à suivre pour la modélisation et la simulation du service d'imagerie de l'hôpital militaire régionale universitaire d'Oran HMRUO-Algérie. Pour cela nous construisons deux modèles : un modèle de connaissance construit avec l'outil ARIS Toolset et le modèle de connaissance implémenté avec Simula. Les résultats obtenus sont sur le taux d'utilisation des salles et des radiologues du service imagerie ainsi que les temps d'attentes des patients.

Mots clés: Modélisation, méthodologie ASCI, simulation, système hospitalier.

INTRODUCTION

La méthodologie utilisée pour la modélisation est cruciale dans une étude de simulation. Mal menée, elle peut conduire à des pertes de temps énormes en réunion avec les hospitaliers et à un modèle de simulation inutilisable car erroné. Ce papier nous permet de définir l'approche de modélisation utilisée dans les systèmes complexes tels que le système hospitalier. Le processus de modélisation proposé fournira des modèles (modèle de connaissance, modèle d'action, modèle de résultat) dont l'évaluation permettra de fournir des indicateurs de performances.

Dans ce papier nous allons détailler la méthodologie ASCI déjà prouvée comme une méthodologie pour l'étude des systèmes de production. Dans un premier temps, nous présentons la méthodologie ASCI que nous avons adopté pour notre étude, et nous présentons le service imagerie du système hospitalier de l'HMRUO sur lequel nous avons mis en œuvre notre application. L'outil ARIS est utilisé pour la construction du modèle de connaissance et Simula pour le modèle d'action.

1. Une démarche de modélisation des systèmes complexes

La démarche présentée par Gourmand et Kellert en 1991 [GOU 91] est utilisée principalement pour la modélisation de systèmes de production. Cette méthodologie est basée sur une approche orientée objet permettant la construction consécutive de deux modèles : Un modèle de connaissance et des modèles d'action pour un système donné.

Ce processus est dénommé «Analyse-Spécification- Conception-Implantation » (ASCI). La phase d'analyse et de spécification concerne le modèle de connaissance et la phase de conception et d'implantation le modèle d'action.

On trouve dans la littérature [CHA 01] que cette démarche a été utilisée avec succès dans la modélisation des STU (système de trafic urbain). Elle a été adaptée aussi aux systèmes hospitaliers [COM 94], [CHA 05], [MEB 06] et [GOU 05].

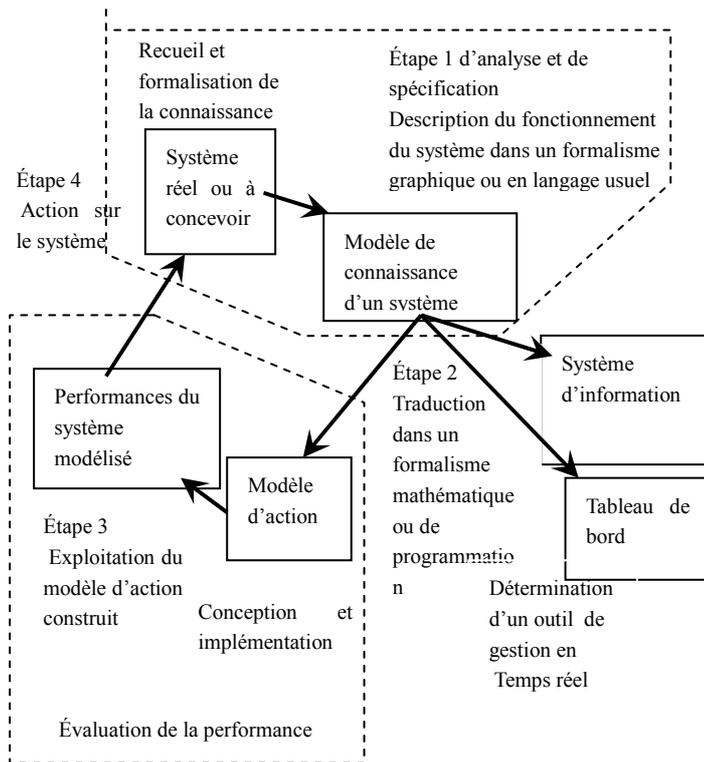


Figure 1. Processus itératif de modélisation

La réalisation du modèle de connaissance doit être réalisée en collaboration avec les experts du domaine. Ce modèle doit rester cohérent dans le temps, quel que soit son niveau de finesse et quelles que soient les évolutions apportées au système lors de son utilisation. Les objectifs à atteindre lors de l'étude doivent être clairement identifiés de façon à connaître les problèmes à résoudre. Ceci fait partie de l'identification précise du contexte et des limites de l'étude.

La construction du modèle de connaissance consiste en la récolte et la formalisation de la connaissance sur le système étudié. Une phase d'analyse fonctionnelle et structurelle formalise le système sous une forme graphique ou syntaxique. Une méthode de décomposition peut être employée pour faciliter la formalisation de la connaissance lorsque le système étudié est complexe. Une phase de spécification, permet l'expression du fonctionnement des entités du système et des flux. En particulier, le système de pilotage doit être spécifié de façon précise, compte tenu des événements à prendre en compte. Le format des données d'entrée du système doit être spécifié. La spécification ainsi réalisée doit permettre aux experts en modélisation et aux experts du système de s'accorder sur le fonctionnement (réel ou désiré) du système. La construction du modèle de connaissance nécessite l'utilisation d'outils et/ou de formalisation adaptés.

Le modèle d'action est une traduction du modèle de connaissance dans un formalisme mathématique ou dans un langage de programmation (par exemple un langage de simulation) permettant l'évaluation des

critères de performances choisis. Plusieurs modèles d'action peuvent être construits à partir du même modèle de connaissance. La construction et l'utilisation consécutives de ces deux modèles constituent le processus de modélisation.

2. Le principe de la décomposition d'ASCI

De façon à appréhender la complexité des systèmes étudiés, Il est important d'utiliser une décomposition (Figure 2) en trois sous systèmes :

- Le sous système physique,
- Le sous système logique,
- Le sous système décisionnel.

Une telle décomposition a été utilisée avec succès pour les systèmes hospitaliers [COM 94].

Le sous système logique (noté SSL) est constitué des transactions que le système doit traiter, des ensembles des services (opérations) élémentaires concernant le traitement des flux de transactions, et des entrées dans le système qui s'y rapportent.

Le sous système physique (noté SSP) est structuré en unités constituées des entités physiques nécessaires à la réalisation de l'ensemble des services élémentaires. La topologie du sous système physique définit l'ensemble des moyens physiques (ressources actives et passives), leur répartition géographique et leurs interconnexions.

Le sous système décisionnel (noté SSD) ou sous système de gestion est structuré en centres de décision. Il contient l'ensemble des règles de fonctionnement du système et les algorithmes pour le pilotage du système. La mise en œuvre des politiques de gestion d'un système nécessite la possibilité d'agir sur les entités du SSL et du SSP à partir des informations issues de ces sous systèmes. Ce sont les centres de décisions qui assurent le regroupement de ces informations et qui déclenchent des actions en fonction des conditions satisfaites. Les activités du SSD sont les suivantes :

- Réception des informations des autres sous systèmes (par exemple par le bais de capteurs),
- Action sur le SSL : par exemple, mise en œuvre de règles de choix d'allocation des ressources,
- Action sur le SSP : par exemple, mise en place de règles de gestion des pannes et de règles de gestion de l'attribution des ressources.

3. Les outils de modélisation

Le choix d'un outil de modélisation est une étape inévitable. Dans la plupart des articles passés en revue, l'utilisation d'un simples diagramme au formalisme plus ou moins rigoureux est monnaie courante. Pourtant, il existe un panorama relativement étendu de méthodes de modélisation et de diagnostic pour l'entreprise ; le terme « entreprise » doit ici être compris au sens large, désignant tout système de

production, dont les hôpitaux. Un rapport de recherche entrant dans le cadre du projet HRP2 [TRI 04] présente un état de l'art exhaustif des techniques de modélisation pour l'entreprise et l'application de trois d'entre elles – SADT, GRAI et ARIS – jugées les plus adaptées à l'analyse des systèmes hospitaliers.

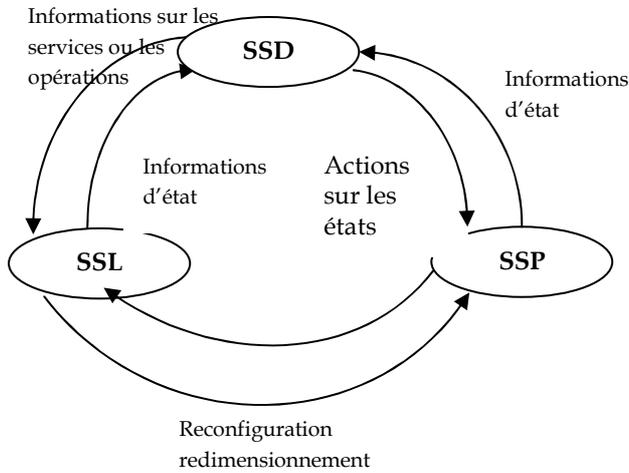


Figure 2. Communication entre les trois sous systèmes.

Les diverses techniques diffèrent de manière significative dans le point auquel elles fournissent la capacité de modéliser les processus. Quelques techniques se concentrent principalement sur les fonctions, d'autres sur des rôles, mais d'autres sur des données. Dans le meilleur des cas, ce qui pourrait être nécessaire est le développement d'une technique simple et holistique qui pourrait effectivement représenter tous les points de vue de modélisation et par conséquent s'appliquer dans toutes les situations de modélisation.

Pour notre étude nous avons choisi l'outil ARIS Toolset pour la modélisation de notre système hospitalier (service imagerie).

3.1. Le Framework ARIS

ARIS n'est pas simplement un outil, mais un concept ou un cadre qui supporte la conception, l'analyse, l'optimisation et la mise en place des processus d'entreprise.

Le cadre de modélisation ARIS, représenté sur la figure 3 est bâti sur une approche multi niveaux et multi vues. Le modèle se fonde sur une modélisation des processus par un diagramme de processus, réalisée à l'aide d'une boîte à outils. Pour chaque vue un panorama de modèles est proposé. Bien évidemment, pour une étude, il convient de sélectionner un nombre réduit de type de modèle afin d'assurer la cohérence de la modélisation.

3.2. Chaîne de processus événementielle (CPE)

La CPE [SHE 00] appartient à la vue de processus. Elle permet de représenter les relations entre les objets de vues de données, des fonctions, et des vues organisationnelles, et par conséquent de modéliser les

processus

L'enchaînement des fonctions dans le sens d'un processus d'entreprise est représenté par des chaînes de processus qui indiquent les événements déclencheurs et résultats pour chaque fonction.

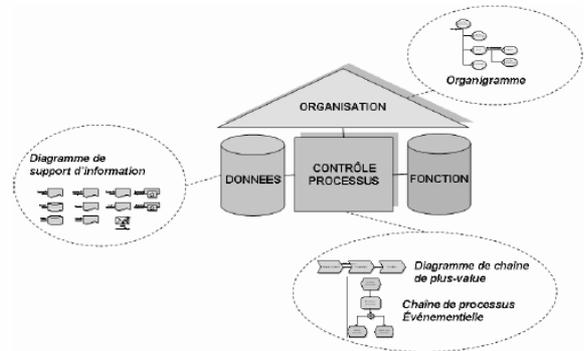


Figure 3. L'approche multi-vue d'ARIS [TRI 06]

4. Le service imagerie de l'HMRUO

Le service imagerie de l'HMRUO est composé de Desk, Administration, radiologie, échographie, scanner, mammographie, angiographie, IRM, pulmo rapide, panoramique dentaire, salle d'attente, salle réseau et une salle de développement. [MAD 07]

Pour assurer le bon fonctionnement du service imagerie, l'équipe médicale comprend le personnel suivant :

Nature du poste	Nombre de postes
- Médecin	7
- Manipulateur	32
- Chef de service	1
- Secrétaire	2
- Bureau d'entrée	2
- Responsable des salles	2
Total	46

Tableau 1. Les ressources du service imagerie

Notre travail consiste à utiliser la méthodologie ASCII pour la construction de deux modèles : le modèle de connaissances, et le modèle d'action. Nous avons choisi le service imagerie et pour la construction des modèles nous utilisons Aris et simula

4.1. Modèle de connaissances

Le modèle de connaissances est la représentation graphique du fonctionnement du système hospitalier. Pour cela on va présenter un ensemble de modèles concernant le service imagerie de l'HMRUO et cela en utilisant la méthodologie ASCII qui prévoit la décomposition du système en trois sous systèmes logique, physique et décisionnel.

4.1.1. Sous système logique

Un sous-système logique contient les entités qui

constituent la charge du service imagerie et qui génèrent les activités de ce dernier

Nous présentons par la suite le sous système logique par l'arbre des fonctions, le processus, et la chaîne de processus événementiels de la méthode ARIS

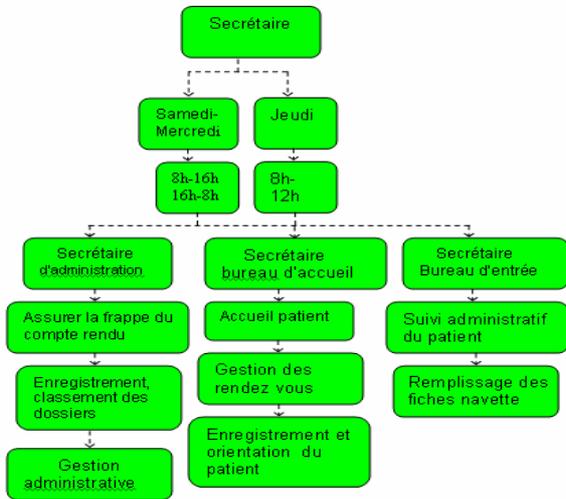


Figure 4. Fonction de la secrétaire de l'imagerie

La figure montre le diagramme de fonction de la secrétaire du service imagerie, ce diagramme est organisé en rectangle qui désigne les fonctions possibles de l'entité secrétaire. Ainsi le temps de travail requis

La figure 5 suivante indique le fonctionnement global du service d'imagerie, sous forme de trois sous processus : arrivée, traitement et départ. Le processus d'arrivée concerne la demande de radio, puis l'accueil réalisé par le desk. Ensuite le processus de traitement est effectué par le médecin (examen, interprétation). Enfin le processus de départ marque la fin des examens et la sortie des patients avec un compte-rendu.

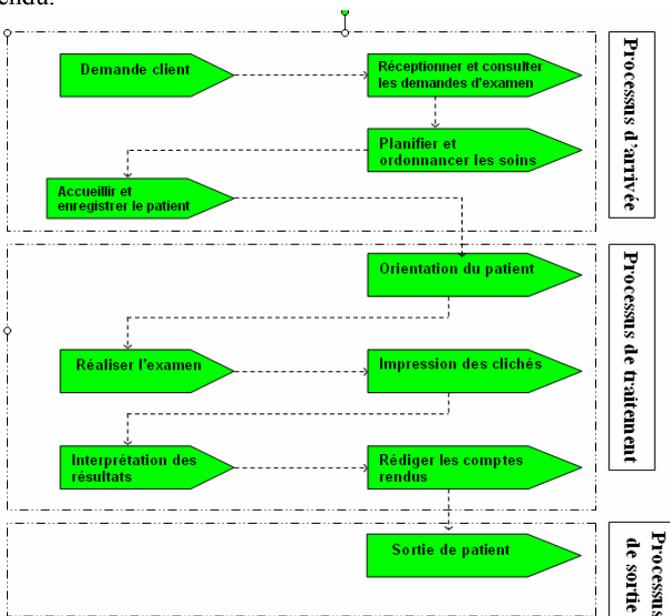


Figure 5. Diagramme du processus du service imagerie

L'enchaînement de fonctions dans le sens d'un processus de service d'imagerie est représenté dans des chaînes de processus événementiel figure 6. Dans ces chaînes, il est possible d'indiquer les événements de démarrage et d'arrêt pour chaque fonction. Ces événements correspondent souvent à l'arrivée et au départ d'éléments de flux (patient).

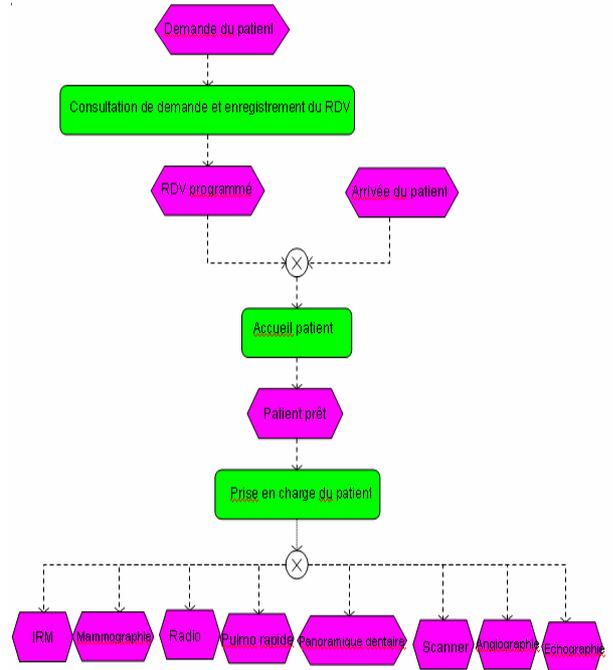


Figure 6. Diagramme de chaîne de processus événementiel

4.1.2. Sous système physique

Un sous-système physique possède l'ensemble des ressources nécessaires à la réalisation des activités sur la charge de système

L'organigramme est un mode de représentation typique des structures organisationnelles. Il permet, selon les critères de structuration choisis de représenter les unités organisationnelles formées (en tant que responsables des tâches) et leurs interconnexions

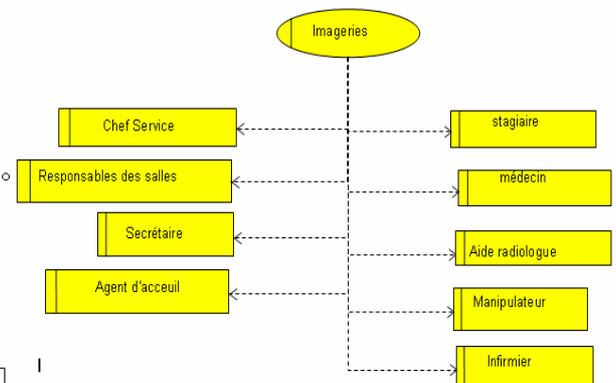


Figure 7. L'organigramme du service.

4.1.3. Sous système décisionnel

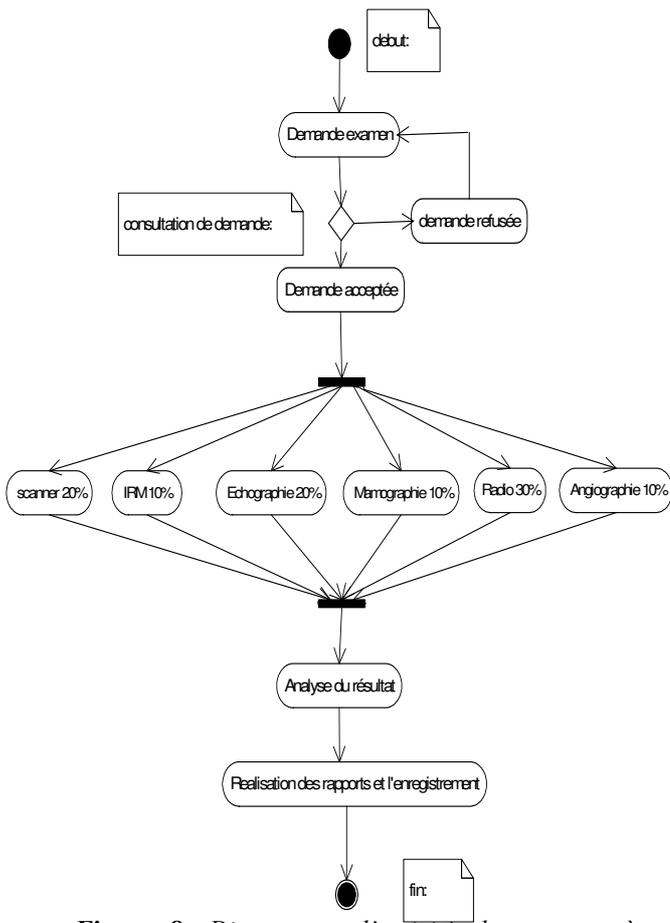


Figure 8. Diagramme d'activité du sous système décisionnelle.

Un sous-système décisionnel reçoit des informations et les transforme en action. Il est donc constitué des règles de gestion, d'organisation et de pilotage du système. On a choisi le diagramme d'activité de l'UML pour représenter le sous système décisionnel (figure 8) :

Les diagrammes d'activités décrivent le comportement d'une opération en termes d'actions. C'est la représentation duale du diagramme d'états-transitions, les états correspondant à des activités et les transitions à des fins d'activités.

4.2. Modèle d'action

Le modèle d'action est une traduction du modèle de connaissance dans un formalisme mathématique ou dans un langage de programmation (un langage de simulation Simula) permettant l'évaluation des critères de performances choisis. Plusieurs modèles d'action peuvent être construits à partir du même modèle de connaissance.

Il existe plus de deux cent produits disponibles dans le commerce, de douzaine de logiciels conçus pour la simulation [MOU 08], Il est important de noter qu'un choix d'un outil de simulation est une question de préférences d'utilisateur et l'expérience, et qui dépend également des objectifs du système a

modéliser et simuler.

Nous avons retenu le logiciel Simula pour deux raisons essentielles, d'une part, simula peut être considéré comme validé car il est utilisé depuis des d'années dans le domaine industriel. D'autre, ce logiciel offre une approche orientée objets, ce qui nous permet d'avoir une vision unifiée depuis l'analyse de domaine jusqu'à l'implantation des modèles d'action

Avec de nombreuses classes existantes prolongent des possibilités du langage en gestion de transactions et en calcul de statistiques. La classe Gpss fournit les objets de base tels que le service, le stockage, les notions de transaction et de région statistique, de plus un rapport de simulation est automatiquement généré.

Service	Examen	Interprétation	Inter Arrivée
Radio	5-20	5-10	30
Echographie	15-30	15-30	40
Scanner	20-30	20-25	30
IRM	10-30	10-20	40
Mammographie	15-40	10-20	40
Angiographie	20-40	15-30	40
Pulmo rapide	10-20	5-15	30
Panoramique dentaire	5-15	7-15	30

Tableau 2. Temps des opérations

Pour le passage du modèle de connaissance ARIS vers le modèle SIMULA on a adopté le principe suivant :

Les CPE et les processus modélisés par ARIS représentent des transactions dans SIMULA. Les ressources ARIS (salle, matériel, secrétaire,...) représentent des serveurs, stations et ressources dans SIMULA.

4.3. Résultats et discussion

On remarque que le taux d'occupation des salles est compris entre 19% et 92%: le taux élevé est celui des salles de Mammographie qui est de 92.31% et de Pulmo-Rapide qui est de 89.29% et de même pour leurs équipes (mammographie 81.90% et Pulmo-Rapide 73,87%). Ce taux élevé est du à ces deux services qui contiennent qu'une seule salle d'examen chacune, ce qui génère le problème de charge de travail sur ces derniers. On remarque dans la section régions de la figure 9 que le nombre moyen des patients dans les salles d'attentes de Mammographie et Pulmo-Rapide est élevé par rapport aux autres salles. Par contre il est faible dans les salles de Radiologie (19.44%), d'échographie (26.54%), d'IRM (47%) et sur les équipes de radiologie (15.53% et d'échographie (23.67). Ce taux faible est du aux

services de Radio et Echographie qui contiennent quatre salles d'examen qui diminuent la charge et le temps d'attente des patients dans les salles. Dans ces derniers le taux d'utilisation des salles varient, par exemple, pour la salle radio le taux est de 19,44%, et de 92,31% pour la salle mammographie.

```

* storages *
*****

```

	entries	avg. contents	avg.time transit	contents			util.
				now	max	capacity	
SalleRADIO	15	0.78	24.88	1	2	4	19.44%
EquipeRADIO	15	0.62	19.88	1	2	4	15.53%
SalleECHOGRAPHIE	11	1.06	46.32	1	2	4	26.54%
EquipeECHOGRAPHIE	11	0.95	41.32	1	2	4	23.67%
SalleSCANNER	15	1.51	48.35	1	2	2	75.55%
EquipeSCANNER	15	1.36	43.35	1	2	2	67.74%
SalleIRM	11	0.95	41.45	0	2	2	47.49%
EquipeIRM	11	0.84	36.45	0	2	2	41.76%
SalleMAMMOGRAPHIE	10	0.92	44.31	1	1	1	92.31%
EquipeMAMMOGRAPHIE	10	0.82	39.31	1	1	1	81.90%
SalleANGIOGRAPHIE	11	1.36	59.25	1	2	2	67.89%
EquipeANGIOGRAPHIE	11	1.24	54.25	1	2	2	62.16%
SallePULMO RAPIDE	15	0.89	28.57	1	1	1	89.29%
EquipePULMO RAPIDE	15	0.74	23.57	1	1	1	73.67%
SallePANORAMIQUE	15	0.77	24.63	0	1	1	76.95%
EquipePANORAMIQUE	15	0.61	19.63	0	1	1	61.33%


```

nombre total des patients :104
Radio : 15
echographie : 11
scanner : 15
IRM : 11
mamographie : 11
angiographie : 11
pulmo Rapide : 15
Panoramique dentaire : 15

```

Figure 9. Résultat de la simulation avec Simula.

Le nombre 104 de patients obtenu par la simulation est très proche à la réalité qui est 95 patients (nombre moyen de patients qui visitent le service imagerie). On remarque que le taux d'utilisation des salles varie par exemple pour la salle radio le taux est de 19,44%, 92,31% pour salle mammographie.

5. Conclusion

Nous avons présenté dans ce papier la méthodologie ASCI et sa mise en œuvre pour l'analyse et l'étude du service imagerie du système hospitalier de l'HMRUO d'Oran, et nous pouvons dire qu'il est très important de construire deux modèles : un modèle de connaissance spécifié avec l'outil ARIS, et un modèle d'action ou de simulation implanté en SIMULA. L'outil d'aide à la décision, réalisé avec la classe Gpss, nous a fourni des résultats sur le taux d'utilisation des salles et des radiologues du service imagerie ainsi que les temps d'attentes des patients.

Les résultats obtenus par la simulation de services d'imagerie sont proches de la réalité. Nous pouvons simuler d'autres scénarios seulement avec une reconfiguration des ressources utilisés (Salles, aide radiologue, ...), pour atteindre des résultats meilleurs.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier toutes l'équipe médicale de l'hôpital militaire régionale universitaire d'Oran

REFERENCES

- [CHA 01] M. Chabrol et David Sarramia "Modélisation orientée objets du système d'information des Systèmes de Trafic Urbain: une approche multi-agents", Université Blaise Pascal – Clermont-Ferrand II LIMOS, 2001.
- [CHA 05] M. Chabrol, P. Féliès, M. Gourgand et N. Tchernev, 2005. "Un environnement de modélisation pour le système d'information de la supply chain : application au Nouvel Hôpital d'Estaing". Inforsid, Grenoble, mai 2005
- [COM 94] C.Combes "Un environnement de modélisation pour les systèmes hospitaliers". Thèse de Doctorat, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, Octobre 1994.
- [GOU 91] M. Gourgand et P. Kellert, "Conception d'un environnement de modélisation des systèmes de production". 3ème congrès international de Génie Industriel, Tours. 1991.
- [MAD 07] T. Madani et K.Felouah "modélisation et simulation d'un service imagerie", mémoire PFE ING-INF-USTO, encadré par Belkadi, juin 2007.
- [MEB 06] F. Mebrek et A. Tanguy "Modélisation et simulation a événements discrets du pôle imagerie d'un hôpital moderne" 6e Conférence Francophone de MODélisation et SIMulation MOSIM, 2006.
- [MOU 08] M. MOUSSA etBELKADI Khaled "Etude et choix d'outils de Simulation des systèmes" mini projet, PG-SRBDD, USTOran , janvier 2008.
- [TRI 04] L. Trilling, Béatrix BESOMBES, sondes Chaabane etAlain GUINET "Investigation et comparaison des méthodes et outils d'analyse pour l'étude des systèmes hospitaliers" Rapport de recherche HRP2, 2004.
- [TRI 06] L. Trilling "Aide à la décision pour le dimensionnement et le pilotage de ressources humaines mutualisées en milieu hospitalier" thèse doctorat 2006.