

DIMENSIONNEMENT PAR SIMULATION D'UNE STRUCTURE DE PRISE EN CHARGE DE LA MATERNITE A DOMICILE

NORLY GERMAIN, NIDHAL REZG

LGIPM / Université Paul Verlaine
Île du Saulcy
57045 Metz Cedex 01 - France
germain2@univ-metz.fr,
rezg@univ-metz.fr

THIBAUD MONTEIRO

LASPI / Université Jean Monnet
Centre Universitaire Roannais
12 avenue de Paris
42334 Roanne Cedex - France
thibaud.monteiro@univ-st-etienne.fr

EVENS EMMANUEL

LAQUE / Université Quisqueya,
Angle rue Charéron et Blvd. H.
Truman. P-au-P, Haïti
evenm1@yahoo.fr

RESUME : *La recherche d'une alternative viable à la prise en charge traditionnelle des patients en milieu hospitalier, la rationalisation des coûts et l'amélioration de la qualité des soins de santé constituent les éléments fondamentaux à pourvoir dans le secteur sanitaire afin de répondre en temps et lieu à la demande des soins. En Haïti, tout comme dans d'autres pays en voie de développement, des services comme la cancérologie, la psychiatrie, la cardiologie, la neurologie, la maternité, etc. sont frappés par une pénurie de ressources humaines qualifiées. Le peu de professionnels de santé qui vivent encore dans le pays se centralise en milieu urbain alors que la population demeure essentiellement rurale. En conséquence, on assiste à une concentration des services et à un engorgement des centres sanitaires et à la propagation des épidémies et des infections nosocomiales. Le service de la maternité est le plus affecté par cette carence en ressources. En Haïti, 75 % des accouchements se font à domicile sans la présence d'un professionnel de santé. Le taux de mortalité maternelle est de 670 pour 100 000, le plus élevé dans le continent américain. La mortalité infantile est de 80 ‰ naissances vivantes. Afin de contribuer à une diminution des taux de décès survenus lors des accouchements, nous proposons, dans le cadre de ce travail, la mise en œuvre d'une plateforme de prise en charge de la maternité à domicile. Cette plateforme, conçue à partir de la méthode de modélisation ASCI (Analyse, Spécification, Conception, Implémentation), permet d'élaborer un modèle de connaissances (réseau de Petri) et un modèle d'action (SIMAN/ARENA) implémentés dans OptQuest pour le dimensionnement des ressources. Elle sera mise en place dans un centre hospitalier à Port-au-Prince.*

MOTS-CLES : *Hospitalisation à domicile, Modélisation, Réseau de Petri, Dimensionnement par simulation, Plateforme de prise en charge.*

1 INTRODUCTION

Ce travail est réalisé en collaboration avec le centre de Maternité Isaïe Jeanty et Paul Audain à Port au Prince, en Haïti.

Le système hospitalier est, de nos jours, confronté à de profonds changements, étant donné les percées technologiques et l'apparition de nouveaux concepts pouvant satisfaire de manière efficace et efficiente les besoins pressants du patient. Le vieillissement des populations, l'engorgement des hôpitaux, la pénurie en ressources humaines, matérielles et techniques contraignent les acteurs du système hospitalier à repenser l'organisation et la production des soins (Fakhfakh, 2007). À un moment où la demande en soins de santé excède progressivement l'offre, des dispositifs facilitant l'accès aux soins sont à reconsidérer. Qu'il s'agisse d'une réorganisation des structures hospitalières ou le développement d'autres méthodes permettant de rapprocher l'hôpital au patient, des changements dans ce secteur sont largement envisagés.

L'hôpital, établissement aménagé de manière à pouvoir offrir tous les soins médicaux et chirurgicaux, a connu une évolution historique. Cela remonte à plus de 50 ans depuis que les pays développés ont proposé une alternative viable à l'hospitalisation traditionnelle, soit l'HAD (Hospitalisation À Domicile) : une structure de prise en charge des patients à leurs domiciles. Cette nouvelle option permet de garder le patient dans son entourage, réduire sa pression psychologique et facilite sa réinsertion après un séjour en milieu hospitalier. : « Home Health Care » aux USA ; « HAD : Hospitalisation À Domicile » en France ; « ODO : Ospedale Domiciliare Oncologico » en Italie; « Häusliche Krankenpflege » en Allemagne, « Hospital-Based at Home » en Suède, et « Hospital in the home » en Australie, sont autant d'appellations qui sont attribuées à ce mode de prise en charge en dehors de l'hôpital (Jebali, 2004). La tendance de nos jours est d'appliquer cette méthode à des services hospitaliers jugés vulnérables aux dangers, comme la maternité. L'organisation de prise en charge dans ce service doit se faire dans les meilleures conditions possibles afin de protéger la parturiente et son fœtus de tout préju-

dice issu des complications obstétricales. L'arrivée d'un bébé relève d'un système dynamique qui implique différents professionnels de la santé, la femme, le conjoint et la famille de ces derniers (Capponi & Horbacz, 2008). Réduire les taux de mortalité maternelle et infantile constitue les défis du service de la maternité. Malheureusement, dans les pays en voie de développement, ces taux augmentent progressivement montrant la dégradation de leur situation sanitaire. Haïti, pays en développement, est classé au 148^e rang sur 179 pays dans la rubrique « Engagements en faveur de la santé : accès, services et ressources », tandis que la République Dominicaine, pays voisin, est classée au 91^e rang (PNUD, 2008). Haïti se caractérise en effet par un système de santé réduit avec un accès restreint et une qualité inadéquate des services et des soins de santé. Les ressources humaines mal réparties, insuffisantes en quantité et en qualité, le manque chronique de matériels et d'équipements sont évidemment un handicap pour la prestation de services de qualité (MSPP, 2003 ; Germain et al, 2008).

Trouver une alternative permettant de réduire les taux de décès survenant dans le processus de naissance constitue notre préoccupation dans ce travail. Afin d'atteindre notre objectif qui est l'élaboration d'une plateforme de prise en charge de la maternité à domicile permettant d'accompagner et d'assister les femmes enceintes à leur domicile, nous tâcherons, d'abord, de présenter les enjeux ainsi que les contextes dans lesquels évolue le service de la maternité dans les pays en développement, notamment Haïti. Nous présentons, dans la troisième partie, notre méthode de dimensionnement. En nous référant à l'approche de modélisation ASCI (Analyse, Spécifique, Conception, Implémentation) définie par Michel GOURGAND et Patrick KELLERT (Gourgand & Kellert, 1991), nous avons conçu un modèle de connaissance en utilisant les réseaux de Petri pour la modélisation de ce processus. Ce dernier est transformé formellement dans le langage de simulation SIMAN/ARENA en vue d'élaborer le modèle d'action. Notre approche est mise en place à travers un cadre expérimental permettant de dimensionner les ressources humaines nécessaires à la mise en œuvre de cette démarche pour la zone couverte par le centre de maternité Isaïe Jeanty et Paul Audain à Port-au-Prince.

2 ENJEUX ET CONTEXTE

En dépit des progrès mesurables durant ces vingt dernières années, la situation sanitaire des pays pauvres reste caractérisée par une forte mortalité (infantile, notamment), une espérance de vie faible et une morbidité toujours aussi préoccupante liée aux carences nutritionnelles et aux maladies transmissibles (Brücker & Canestri, 2000). Dans le monde, chaque année, près de 600 000 femmes meurent pendant la grossesse, à l'accouchement, ou dans leurs suites immédiates. 89 % de ces décès concernent des femmes provenant de l'Afrique et de l'Asie du Sud (Grossmann-Kendall and al. 2001). 4

millions d'enfants meurent dans les 28 jours suivants la naissance, 3.3 millions meurent à la naissance. Le taux de mortalité des moins de cinq ans est 7 fois plus élevé en Afrique qu'en Europe (Mdm, 2008). Une femme sur 16 en Afrique meurt lors de sa grossesse ou de son accouchement tandis que dans les pays développés on retrouve 1 décès sur 2 800 pour ce même cas. La grossesse, l'accouchement et ses suites exposent les femmes et leurs enfants à des risques majeurs. 300 millions de femmes souffrent de pathologies chroniques liées à l'accouchement (Mdm, 2008). Des contraintes diverses telles que les problèmes socio-économiques, pénuries des ressources, centralisation des services et parfois conflits armés sont à la base de cette situation alarmante. Au Népal, par exemple, 81 % des accouchements se font à domicile et les parturientes disent préférer donner naissance chez elles que d'aller dans un centre hospitalier (Rath et al, 2007). Elles s'assurent du confort environnemental, de la présence familiale et évitent les coûts supplémentaires. Il en est de même pour la Bolivie où des femmes disent préférer accoucher chez elles. Elles déclarent avoir peur de l'environnement pathologique de l'hôpital et de toute proposition de césarienne par un médecin, en cas de complications (Bradby, 1999).

En Haïti, la situation sanitaire est assez précaire et n'est pas différente de celle des autres pays pauvres dans le monde. On assiste à une centralisation des services de soins en milieu urbain pendant que 60 % de la population vit encore en milieu rural, ce qui empêche 80 % des Haïtiens vivant au pays à avoir accès aux soins de santé. Le départ massif des cadres vers l'Amérique du Nord laisse un vide au niveau du personnel de santé représentant 80 %. L'illettrisme, les mauvais états des routes, les croyances populaires sont entre autres quelques facteurs qui poussent la majorité des femmes enceintes à accoucher à leur domicile (EMMUS IV, 2007). Espace trop restreint, faibles technologies médicales, absence de socialisation médicale font parties aussi des causes diverses qui contribuent aux défaillances du système de santé du pays. À cause de cette situation alarmante, on assiste dans le pays à une augmentation progressive des taux de mortalité, à une augmentation de l'exode rural et à la propagation des épidémies et des infections nosocomiales.

Les données publiées par le MSPP (Ministère de la Santé Publique et de la Population), l'OMS (l'Organisation Mondiale de la Santé) et EMMUS (Enquêtes Mortalité, Morbidité, et Utilisation des Services) donnent une première explication à ces forts taux de mortalité : 75 % des accouchements, en Haïti, se font à domicile sans la présence d'un professionnel de santé. Selon ces enquêtes, 95 % des femmes n'ont pas effectué de visites prénatales et 64 % n'ont pas effectué de visites postnatales. Ce manque de suivi contribue largement à l'augmentation des décès maternels et infantiles. Haïti a, en effet, les taux de décès les plus élevés dans le continent américain avec 670 décès maternels pour 100 000 naissances vivantes et 80 % décès infantiles. L'espérance de vie de la

population se situe autour de 54 ans pour les femmes et de 52 ans pour les hommes. En comparaison aux données statistiques des pays voisins d'Haïti, comme la République Dominicaine, Cuba et la Jamaïque, on retrouve respectivement, pour 100 000 naissances vivantes, des taux de mortalité maternelle s'élevant à 150, 45 et 170, et des taux de mortalité infantile à 27 ‰, 6 ‰ et 16 ‰ (OMS, 2007). Pourtant, les Objectifs du Millénaire (ODM) qui ont été approuvés en septembre 2000 par 189 pays à l'assemblée générale des Nations Unies font état d'exigences assez objectives en termes de réduction des taux de décès maternels et infantiles. En effet, les objectifs 4 et 5 de ces règlements se focalisent sur la réduction du taux de mortalité infantile de moins de 5 ans de 2/3 et celui de mortalité maternelle de 3/4 d'ici 2015 (UN, 2009 ; Fullerton, 2007). Une des pistes envisagées pour la réduction des taux de décès maternels et infantiles serait l'augmentation de la capacité des centres hospitaliers (Costello, 2006). Cependant, dans le contexte des pays en voie de développement, cette option est loin d'être une solution idéale, car plus de la moitié de la population vit en milieu rural pendant que les ressources de santé se concentrent en ville. D'autres approches peuvent être envisagées. Au Népal, par exemple, on pense que la consommation de vitamines A par des femmes enceintes contribue à réduire le taux de décès maternels de 40 % (Costello, 2006). La formation de groupes d'appui aux femmes peut aussi aider à motiver et attirer l'attention des femmes en âge d'enfanter sur les précautions à prendre lors de certaines complications.

Pour une question d'ordre culturel, certaines personnes pensent qu'il est judicieux de donner naissance au premier-né de la famille dans le village natal de ses grands-parents. D'autres, pour des raisons socio-économiques, s'abstiennent d'avoir recours aux centres hospitaliers équipés des ressources fiables. Ce qui explique en partie la raison du taux élevé des accouchements qui se font à domicile. Pour pallier les problèmes de décès issus des complications obstétricales ou des maladies liées à la grossesse, une approche communautaire peut être envisagée pour accompagner et assister les femmes enceintes à leur domicile en mettant à leur disposition des ressources humaines ayant des connaissances approfondies dans la prise en charge des accouchements.

L'accouchement à domicile assisté par un/une connaisseur/connaisseuse traditionnel(le) n'est pas une bonne option. Mais la structuration de cette méthode avec l'appui des sages-femmes bien formées peut aider à apporter des soins à des milliers de femmes qui enfantent tous les jours en milieu rural. C'est dans ce contexte d'augmentation du suivi médical à domicile que se situe notre travail. Le dimensionnement par simulation d'une structure de prise en charge de la maternité à domicile va permettre de quantifier de façon rationnelle les ressources humaines nécessaires à la mise en œuvre de cette plateforme.

3 METHODES

La mise en place d'une plateforme de prise en charge de la maternité en dehors des murs de l'hôpital permettrait de se rapprocher au plus près des patientes. Réunir des professionnels de santé de compétences différentes comme les médecins généralistes, obstétriciens/gynécologues, les pédiatres et les sages-femmes pour l'implémentation de cette plateforme contribuera à suivre le déroulement de la maternité depuis la fécondation jusqu'à la période postnatale en passant par l'accouchement proprement dit. Ce service sera destiné aux femmes qui sont en âge de procréer. Celles qui seront prises en charge devront antérieurement effectuer un diagnostic de grossesse. Par la suite, celles qui sont diagnostiquées enceintes pourront décider d'adhérer à la plateforme. Les tournées seront assurées par des sages-femmes pour l'accompagnement de la grossesse. En cas de détection d'un problème ou d'une anomalie au niveau de la grossesse, la parturiente sera rapidement prise en charge et transférée vers un centre hospitalier se trouvant dans l'agglomération (des centres identifiés et avisés préalablement) pour une évaluation du risque. Si le risque est élevé, cette patiente continuera à être surveillée et à effectuer des examens plus approfondis jusqu'à l'accouchement, qui sera fait, éventuellement, plutôt par césarienne. Si, au contraire, le risque est faible, il sera maîtrisé et géré jusqu'à un accouchement physiologique.

Pour l'élaboration de notre démarche, une enquête de terrain basée sur un suivi de 8 semaines a été menée au centre de maternité Isaïe Jeanty et Paul Audain à Port au Prince. À partir des données recueillies, nous avons conçu, à l'aide du modèle des réseaux de Petri (RdP), la cartographie de processus de prise en charge des patientes dans les deux cas : dans le centre et en dehors de celui-ci. Pour le dimensionnement des ressources humaines nécessaires à la bonne marche de cette plateforme, nous avons transformé le modèle réseau de Petri dans le langage formel SIMAN/ARENA en nous basant sur l'approche ASCI.

3.1 Modèle de Connaissance : Réseau de Petri

Pour la promotion de la structure de prise en charge en dehors des murs de l'hôpital et la valorisation de la compétence des sages-femmes en Haïti, nous avons suggéré au centre de maternité Isaïe Jeanty et Paul Audain de mettre en œuvre un service d'HAD (Hospitalisation À Domicile) pour la prise en charge de la maternité en dehors du centre. Une telle alternative contribuera à une réduction des taux de mortalité maternelle et infantile dans l'agglomération environnant le centre de maternité. Nous présentons, dans un premier temps, une compréhension globale et une vue systémique des processus de prise en charge en vue d'assurer la continuité de production des soins et d'améliorer la qualité du service. Celle-ci dépend principalement du partage d'informations et de la synchronisation des activités relatives à la prestation de soins entre les différents professionnels de santé et

instances impliqués. Ceci est possible dans le cas où les parties prenantes détiennent une connaissance avancée de leur fonctionnement réciproque et demeure une réalité dès lors que plusieurs intervenants interagissent et conduisent leurs activités afin de délivrer des services de soins nécessaires au domicile de la patiente. Le service HAD permet d'amener les soins au domicile de la patiente pour favoriser un accouchement présentant moins de risques. L'idée, c'est de mobiliser les ressources d'Isaïe Jeanty à travers notre modèle d'action pour une meilleure prise en charge de la parturiente.

À cet effet, nous proposons une approche de modélisation des processus, dite modèle de connaissance, plus exactement les RdP, dans le but de formaliser l'ensemble des principaux processus qui concourent à la réalisation parfaite de ce modèle afin de représenter son fonctionnement générique ainsi que les flux physiques et informationnels.

Les RdP sont utilisés pour la modélisation du processus de prise en charge de la grossesse. Leur rôle est de formaliser la dynamique et l'enchaînement logiques des activités du processus. Cela permet de faciliter l'analyse des processus de prise en charge des patientes dans ce centre. Ils fournissent un modèle de description de processus concurrents et parallèles à événements discrets (Barnichon ; 1990, Valette ; 2002). La problématique scientifique de notre RdP est de définir le marquage initial nous permettant d'atteindre l'objectif (marquage cible). À cette fin, nous présentons, le macro-modèle de prise en charge de la maternité dans la figure 1. C'est un réseau de Petri non marqué. Nous cherchons donc à définir le marquage optimal de développement d'un réseau de dimensionnement de ressources pour assurer le diagnostic ou la consultation des patientes, l'accompagnement de la grossesse (au centre ou à domicile), l'accouchement à domicile (physiologique) ou en centre hospitalier (césarienne). Les enquêtes de terrains ont permis de définir les règles de franchissement des transitions. Les places représentent les interactions des professionnels de santé et les patientes. Par exemple, la première transition T0 est franchie suivant une loi de poisson de taux λ représentant la loi d'arrivée des patientes. La place « diagnostic de la grossesse », qui consiste à planifier une rencontre entre un médecin et une patiente pour une consultation, se fait au centre de la maternité. Suite à son diagnostic qui révèle sa grossesse, la femme décide de franchir la transition T1 pour s'adhérer à la structure d'accompagnement au centre hospitalier, ou de franchir la transition T2 pour s'adhérer à la structure d'accompagnement à domicile. Une femme enceinte qui adhère à la structure de prise en charge en HAD a deux possibilités : celle de se déplacer pour aller voir la sage-femme qui l'accompagne dans une maison de naissance (c'est-à-dire une structure de prise en charge consacrée uniquement à la maternité) ou au centre ; ou bien elle peut être accompagnée à son domicile, dans ce cas, c'est la sage-femme qui se déplace vers elle. Dans les deux cas, l'accouchement peut-être assuré

soit à domicile, soit à l'hôpital. Cela dépend du niveau de complications. Si nécessaire au moment même de l'accouchement, la parturiente pourrait être transférée d'urgence vers le centre hospitalier le plus proche au cas où une intervention chirurgicale soit requise. Sinon, la gestante délivrera physiologiquement chez elle. Ce processus permettra de suivre de près la femme enceinte afin de pouvoir intervenir en cas de détection de symptômes anormaux, et du coup, protéger et la mère et sa progéniture. En conséquence, les transitions T4 et T6 sont franchies pour un accouchement physiologique et les transitions T3 et T5 sont franchies en cas de complications.

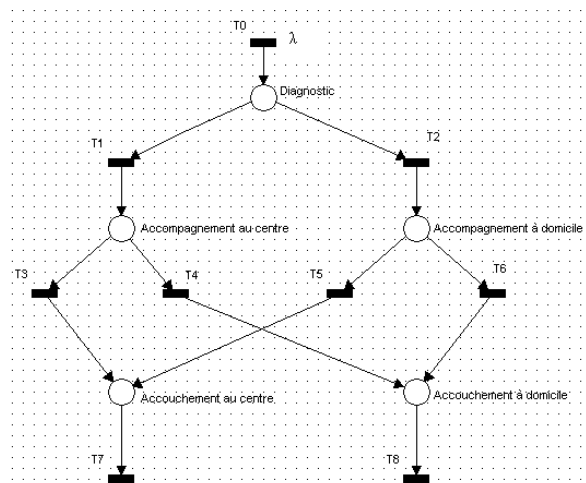


Figure 1: Macro modèle de prise en charge de la maternité

Nous avons subdivisé ce réseau global en trois modèles de travail, à savoir un modèle pour le diagnostic de la grossesse, un pour la surveillance ou l'accompagnement de la grossesse, et un autre pour l'accouchement physiologique ou par césarienne. Nous présentons dans la figure 2 un de ces trois modèles qu'est le « diagnostic de la grossesse ».

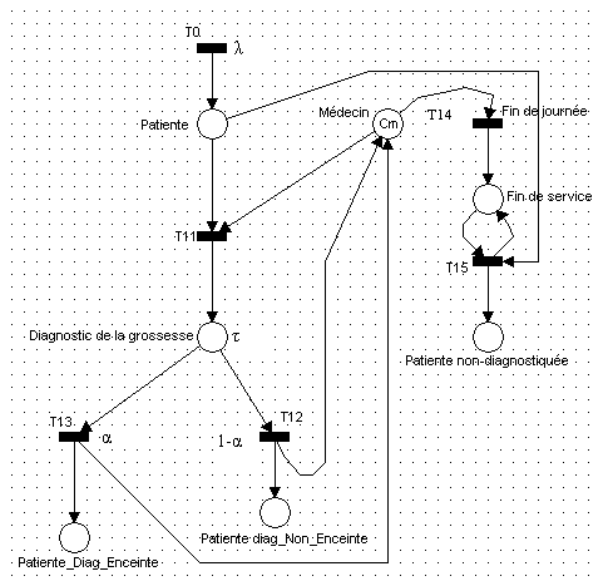


Figure 2: Diagnostic de la grossesse

La transition T0, comme il est indiqué précédemment, est franchie suivant une distribution de poisson de taux de λ représentant la loi d'arrivée des patientes. Dans la place « patiente », on retrouve une ou plusieurs femmes qui attendent pour un diagnostic. La transition T11 est franchissable si la place Médecin est marquée d'un ou plusieurs jetons représentant les médecins disponibles. T15 est franchie s'il n'y a aucun médecin disponible pour recevoir la patiente après qu'elle ait attendu pendant un certain temps. Ceci s'explique du fait que la journée de travail touche à sa fin. Tandis que la place « diagnostic de la grossesse » représente l'acte médical. T13 est franchie si la femme diagnostiquée est enceinte (on représente cette probabilité par α), et pour une probabilité de $(1-\alpha)$, la transition T12 est franchie et la patiente quitte le système. Dans les 2 cas, on récupère la ressource Médecin et on dénombre les diagnostiquées (enceintes et non enceintes). Il est à noter que les dossiers des patientes sont préparés et enregistrés par une ressource dénommée « Secrétaire Médicale » qui est placée en amont de la ressource « Médecin ». En conséquence, mise à part la place contenant les patientes diagnostiquées non enceintes, deux places sont à considérer : celle représentant les patientes qui sont parties sans se faire diagnostiquer par manque de ressources dans la place « Médecin » ou à la fin de la journée de travail, et des patientes qui sont diagnostiquées enceintes et dont on aura à déterminer avec elles leur préférence sur la prise en charge, qui sera soit à domicile, soit au centre. Il s'agit donc de déterminer pour ce premier modèle de travail, le marquage initial $M_0(0, C_m, 0, 0)$ permettant de minimiser l'occurrence du franchissement de la transition T5.

Il en sera de même dans les autres modèles de travail où il s'agira de définir le marquage initial (dimensionnement des ressources) apte à garantir la performance du système modélisé. Pour la surveillance de la grossesse et l'accouchement hors les murs, les jetons dans la place en amont représenteront les ressources « sages-femmes », et pour l'accouchement au centre hospitalier, en cas de complications, les jetons dans la place en amont représenteront des médecins spécialistes qui peuvent être des obstétriciens/chirurgiens et des pédiatres.

3.2 Liaison des réseaux de Petri (RdP) avec le langage de simulation ARENA

La transformation de notre modèle de connaissance au modèle d'action ou programmation de simulation se fait en utilisant le langage SIMAN/ARENA. Les réseaux de Petri disposent d'un langage simple et précis et décrivent objectivement le système réel. Toutefois, n'étant qu'un outil d'analyse, les RdP permettent difficilement d'évaluer simplement et directement les performances d'un système temporisé ou stochastique. En vue de compléter et de valoriser notre démarche de modélisation, un langage de simulation a été nécessaire. SIMAN/ARENA se révèle être la bonne option. Il permet d'exploiter au

mieux la description spécifique du modèle conceptuel. Des blocs dans ARENA sont analogues à des places et des transitions dans les RdP, comme on peut le constater au tableau 1 dans lequel nous présentons quelques instructions de RdP transformées en SIMAN/ARENA. C'est une étude qui est limitée à une présentation très sommaire de quelques instructions de SIMAN et avec les RdP, c'est-à-dire à leur interprétation en terme de place ou de transition étiquetée par l'instruction SIMAN correspondante. Le lien s'opère alors en associant à chaque structure élémentaire d'un réseau de Petri un bloc d'ARENA/SIMAN selon son contexte. Un jeton du réseau est représenté par une entité correspondant à la place du jeton et un marquage par une accumulation d'entités. Nous reprenons ici une partie des travaux de thèse de Barnichon sur le couplage RdP – SIMAN (Barnichon, 1990) pour montrer comment les instructions de type « bloc » reçoivent une interprétation à l'aide des RdP.


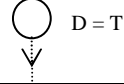
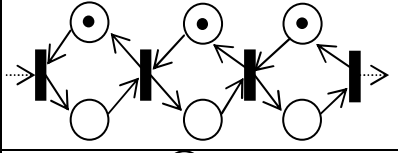

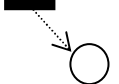
SIMAN	RdP
Create	
Delay	
Queue (FIFO)	
Seize	
Release	

Tableau 1: Couplage SIMAN – SIMAN selon Barnichon

Create - Place

Les entités peuvent entrer dans le système par l'intermédiaire d'un bloc « Create ». Toute entité de SIMAN étant associée à un jeton, l'instruction « Create » correspond à une transition source et une place dans laquelle sont injectés des jetons au rythme (R) prévu par l'instruction.

Delay – Place

Une pièce dont on commence l'usinage n'est disponible (sauf complication) qu'à la fin de l'opération. L'entité correspondante de SIMAN doit donc être placée dans une situation où sa seule activité consiste à consommer du temps ; ceci est réalisé dans SIMAN par l'instruction Delay : T. La configuration analogue pour les RdP P-temporisés est obtenue par une place temporisée de durée T.

Queue – Place

Les entités qui ont besoin d'une ressource ne sont pas toujours servies immédiatement et doivent attendre dans des files d'attente. Ces files d'attente sont numérotées et sont désignées dans SIMAN par Queue, 1 Queue, 2 ... ; elles correspondent au niveau des RdP à des places étiquetées Queue, 1 Queue, 2 ... systématiquement, les labels associés seront appelés Q1, Q2 ... De plus, nous considérons que les places conservent en mémoire l'ordre d'arrivée des jetons, ce qui permettra d'appliquer des règles de gestion des files d'attente de style FIFO, LIFO ...

Seize / Release – Transition

Une pièce, qui entre sur une machine M, le fait dans SIMAN en réservant cette ressource grâce à l'instruction Seize : M. A la fin de l'usinage, lorsque la pièce sort de la machine, la ressource est libérée avec l'instruction Release : M. Ceci correspond exactement au schéma d'usinage décrit par les RdP, l'entrée et la sortie de la machine étant associées à arcs sortants ou entrant d'une transition.

3.3 Modèle d'action

L'une des causes majeures de la mortalité maternelle est la distance qui sépare une parturiente d'un centre de santé (Figa-Talamanca, 1996). Les problèmes d'infrastructures routières, d'illettrisme et socio-économiques constituent des barrières pour ces femmes de pouvoir se rendre dans un centre hospitalier en cas de besoin. D'un autre côté, on assiste à l'incapacité des centres à pouvoir desservir une majorité de femmes. Pouvoir utiliser les ressources médicales (médecins, infirmières, sages-femmes, agents de santé, auxiliaires...) de façon rationnelle peut aider à éviter le pire. Le dimensionnement de ces ressources peut favoriser un meilleur service en identifiant le nombre de médecins pour travailler à l'interne et le nombre de sages-femmes à affecter à la plateforme pour assurer les tournées chez les parturientes.

Le macro-modèle de connaissance présenté sous forme de graphique en réseaux de Petri à la figure 1 doit être implémenté afin de créer notre modèle d'action. Le modèle d'action est la traduction du modèle de connaissance à l'aide d'un langage de simulation, en l'occurrence, ici, SIMAN/ARENA. Il va donc reproduire le fonctionnement du système réel. Le modèle d'action évalue les performances du système de production ; ce qui peut entraîner des modifications de conception et donc de nouvelles évaluations.

Cette implémentation se fait grâce au logiciel de simulation générale SIMAN/ARENA. SIMAN, provenant de deux mots « SIMulation et ANalysis », conçu par C. D. Pegden, au cours des années 80, est un langage de simulation du type « interaction du processus », ARENA représentant la version graphique de SIMAN. Il permet de

simuler des systèmes discrets, continus ou mixtes (Barnichon, 1990). ARENA est un outil graphique facilitant la modélisation et l'animation des systèmes, basés sur le paradigme objet et la modélisation hiérarchique. Ces deux principes représentent le fondement d'ARENA (Pegden, 1992). Ils permettent de réutiliser des modèles dans d'autres applications, de minimiser le temps de développement et d'éviter des erreurs de modélisation. La base du langage est l'utilisation généralisée de la notion de ressource ; les entités, qui parcourent un processus, occupent des ressources ou les attendent dans des files d'attente (Barnichon, 1990). Ce langage offre la possibilité de décrire graphiquement le modèle à l'aide d'un schéma, ce qui permet d'éviter d'écrire des milliers de lignes de codes de programmation. La figure 4 montre le déroulement des activités de la plateforme : des médecins qui y sont affectés et des patientes en attente de soins. Les premières visites des patientes sont effectuées au centre de maternité Isaïe Jeanty et Paul Audain. Celles qui souhaitent adhérer au service d'HAD du centre sont ajoutées sur une liste d'attente. Dans une agglomération de 10 km environ, des tournées pour une sage-femme seront programmées.

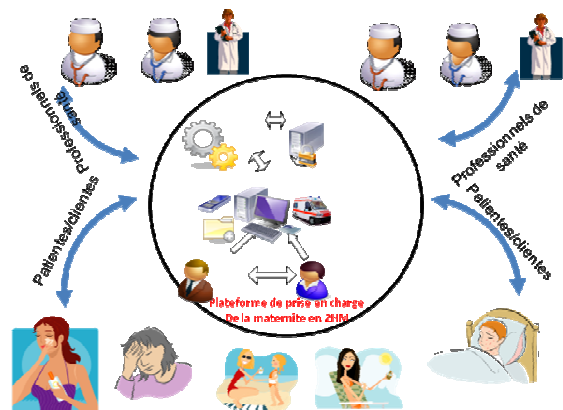


Figure 3: Plateforme de prise en charge

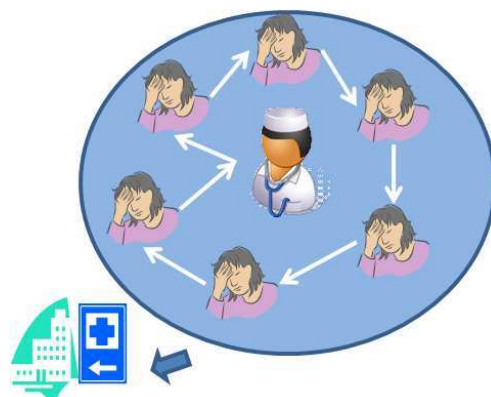


Figure 4: Organisation des tournées des sages-femmes chez les gestantes

Comme il est indiqué dans les figures 3 et 4, une structure d'HAD sera mise en place avec l'adhésion des professionnels (PS) de santé et des patientes. Les PS seront des sages-femmes et des médecins engagés par le centre de maternité et provenant également des autres établis-

sements partenaires du centre. Une patiente admise en HAD sera suivie, suivant ses préférences, par une sage-femme. Cette dernière aura à effectuer des tournées dans une agglomération bien définie par la plateforme.

L'arrivée des patientes se fait selon une distribution de poisson de taux λ , de moyenne λt . Et le nombre de patientes $NP(t)$ arrivant dans la file d'attente pendant un intervalle de temps t est :

$$\text{Prob}\{NP(t) = k\} = \frac{\lambda t^k}{k!} e^{-\lambda t} \quad (1)$$

Donc la probabilité d'observer k arrivées de patientes durant un intervalle de temps t avec le taux d'arrivée λ est :

$$P_k(t) = \frac{\lambda t^k}{k!} e^{-\lambda t} \quad (2)$$

La durée de chaque service suit une loi exponentielle de moyenne μ .

$$\forall (t_0, t) \in \mathfrak{R}^+, \quad P(\tau \leq t + t_0 | \tau > t_0) = P(\tau > t_0) \quad (3)$$

$$P(\tau \leq t + t_0) \Big| \tau > t_0 = 1 - e^{-\frac{t}{\mu}} \quad (4)$$

Avec,

τ Une variable aléatoire définissant la durée d'un service pour une patiente,

t_0 Instant d'arrivée d'une patiente pour un service,

t représente l'intervalle de temps de fonctionnement du système.

Donc, ce modèle analytique est basé sur la théorie des files d'attente de type M/M/m où m représente les ressources disponibles.

Dans le cadre expérimental de notre modèle d'action, nous ne présentons ici que la première étape de notre démarche, à savoir le dimensionnement des ressources pour la planification des consultations des patientes au centre de maternité Isaïe Jeanty (voir figure 2). D'autres études analogues sont nécessaires pour spécifier les étapes d'accompagnement de la grossesse et l'accouchement des parturientes.

4 CADRE EXPERIMENTAL

4.1 Le centre de Maternité Isaïe Jeanty et Paul Audain

Situé dans le département de l'ouest de la 1^{re} section de Varreux de la commune de Delmas, ce centre est la fusion de deux centres de santé et il dessert la population de Chancelles et ses environs. Le premier, « Centre Isaïe Jeanty », a été construit par la mission sanitaire américaine en 1947, à la demande du Président haïtien Dumarsais Estimé. Le second fut construit en 1950 grâce à un don reçu par le Président Paul E. Magloire de la part d'un médecin français, le Dr. Jumel Gaston. Étant situés à proximité l'un de l'autre, on a, par la suite, fusionné

ces deux centres. Il est connu depuis, sous le nom de « Centre de Maternité Isaïe Jeanty et Paul Audain » en vue d'augmenter l'offre de soins et de pouvoir répondre à une forte demande.

Le centre de maternité Isaïe Jeanty et Paul Audain, avec une capacité de 75 lits, offre les services : périnatalité, obstétrique, anesthésiologie échographie. Environ trois cents (300) patientes fréquentent le centre, quotidiennement. Il y a 25 médecins qui prêtent leurs services à ce centre parmi lesquels on ne retrouve que 5 résidents. Compte tenu des carences repérées au niveau du personnel médical, ces médecins sont souvent affectés à plusieurs autres institutions sanitaires. Ce qui contraint un nombre élevé de patientes à repartir chez elles sans se faire diagnostiquer. D'après les données que nous avons recueillies lors d'une enquête que nous avons menée auprès de 60 femmes qui ont déjà effectué une visite à ce centre, 61 % estiment que le temps d'attente est trop long pendant que le temps de consultation est relativement trop court. 45 % reconnaissent retourner chez elles sans se faire diagnostiquer à cause d'indisponibilité des médecins. Ces personnes, frustrées, découragées, ne reviennent plus au centre et préfèrent accoucher chez elles. La mise en œuvre d'une structure de prise en charge de la maternité à domicile, selon les responsables du centre, serait une initiative louable qui permettrait d'assurer une surveillance de la grossesse de façon périodique et d'avoir au moins un/une professionnelle de santé présente le jour de l'accouchement. Le centre, étant une institution publique, n'aura aucun problème à recruter de jeunes diplômées de l'école nationale des sages-femmes dont une vingtaine est graduée chaque année.

4.2 Dimensionnement des ressources humaines nécessaires pour les consultations au centre

Nous avons cerné, dans le cadre de cette étude, la première partie du problème, à savoir le dimensionnement des ressources nécessaires pour pouvoir desservir l'ensemble des visiteuses quotidiennes, sans qu'il y ait d'insatisfactions. En ce sens, nous cherchons à minimiser les temps d'attente des patientes. Deux ressources potentielles sont à considérer : les secrétaires médicales qui assurent l'enregistrement des patientes et les médecins qui procèdent aux consultations. En considérant que les patientes arrivent au centre suivant une distribution de Poisson de moyenne $\lambda = 1.8$ par minute, les temps d'enregistrement et de consultation suivent une loi exponentielle dont les moyennes respectives sont égales à 3 et 15.

Nous avons mené une enquête à trois niveaux au centre de Maternité Isaïe Jeanty : vérification des enregistrements du passé, observations et sondages. Suivant les informations que nous avons recueillies, pour ce centre qui fonctionne 10 heures par jour avec une heure de pause, il y a environ 300 personnes qui effectuent des visites médicales. Le système actuel fonctionne en FIFO et le service d'urgences n'est pas réellement actif pour

l'instant. En considérant que 45 % des visiteuses sont contraintes de retourner chez elle sans se faire diagnostiquer après avoir attendu pendant des heures, nous intervenons à ce niveau pour tenter de réduire le taux d'insatisfaction. Nous utilisons le logiciel ARENA pour pouvoir déterminer le nombre de secrétaires médicales et de médecins dont on a besoin pour la réalisation des tâches suivantes : préparer le dossier médical de la patiente (en cas de première visite) ou enregistrer la patiente, réaliser le diagnostic ou la consultation. Notre modèle est conçu de sorte qu'il peut automatiquement ajouter la ressource « secrétaire médicale » ou « médecin » à chaque fois qu'une patiente attend pendant plus de 50 min, dans le premier cas, et de 60 min, dans le deuxième cas. Des modèles construits en parallèles permettent de gérer l'incrémentement des ressources de façon automatique (voir figures 6, 7 & 8).

En lançant la simulation sur une période de 540 minutes représentant une journée de travail au centre de Maternité Isaïe Jeanty et Paul Audain, on réalise qu'il faut en moyenne 3 secrétaires médicales avec un taux d'utilisation de 64 % et de 8 médecins avec un taux d'utilisation de 91 %. Les valeurs suggérées par le système à la fin de la simulation sont d'utiliser deux (2) secrétaires médicales et 15 médecins afin de pouvoir diagnostiquer les 257 patientes qui entrent dans le système dans une journée de travail (Voir tableau 2).

Ressources	Min	Moy	Max	Valeur Finale	Utilisation
Secrétaires	1	3	3	2	64%
Médecins	1	8	21	15	91%

Tableau 2: Dimensionnement du personnel médical nécessaire

Dans le tableau 3, nous présentons les données concernant le nombre de patientes qui entrent et sortent du système. À un certain moment de la journée, les patientes qui arrivent ne peuvent plus pénétrer dans le système. Elles sont obligées de retourner chez elles sans se faire diagnostiquer. Ceci est dû non-pas à une carence au niveau du personnel médical, mais plutôt à des principes internes de fonctionnement du centre (temps de fonctionnement, par exemple). Par conséquent, des patientes qui arrivent en fin d'après-midi (après 15h) sont ajoutées sur la liste des patientes non diagnostiquées (PND). Donc, elles repartent tout de suite sans avoir à attendre inutilement dans la file d'attente. Dans notre modèle d'action, les blocs « Record » PDE et PDNE représentent respectivement les patientes diagnostiquées enceintes et les patientes diagnostiquées non enceintes. En se basant sur les informations que nous avons recueillies lors de notre enquête, 73 % des patientes diagnostiquées sont réellement enceintes pendant que 27 % ne le sont pas.

Activités	Quantité
Patientes entrant dans le système	331

Patientes enregistrées	257
Patientes diagnostiquées enceintes (PNE)	176
Patientes diag. non enceintes (PDNE)	81
Patientes non diag. (arrivées tardives)	74
Patientes sortant du système	331

Tableau 3: Les extrants du système

Nous voyons qu'une patiente, dans ce cas, passe en moyenne deux (2h) dans le système, y compris les temps d'attente et les temps de service. Et la longueur de la queue est de 124 patientes en moyenne dans la file d'attente.

4.2.1 Optimisation des résultats

En vue d'optimiser les résultats retrouvés dans ARENA, nous avons couplé notre simulation avec un outil d'optimisation. L'OptQuest for ARENA, est un module de ce logiciel, utilisé en vue d'optimiser pour la recherche automatique des solutions optimales pour notre modèle. OptQuest est un programme générique qui recherche la dispersion d'outils et qui peut être utilisé avec plusieurs modèles programmés. Il est disponible dans les versions d'ARENA et Simul8. Il utilise le même langage que Processus Analyser. La combinaison de recherche de la dispersion et d'algorithmes tabous crée un processus très efficace de recherche de solutions. L'incorporation de concepts, tels que, OptQuest donne la capacité de résoudre des problèmes de simulation basés sur des problèmes complexes avec une efficacité sans précédent (Merrick, 2006).

En introduisant des informations sur les contrôles, les contraintes et définissant l'objectif qui est de minimiser les temps d'attente (temps d'attente avant l'enregistrement + temps d'attente avant la consultation), nous voyons que la solution optimale générée par OptQuest est d'utiliser 2 secrétaires médicales et 11 médecins pour pouvoir répondre à la demande de toutes les patientes, au lieu d'utiliser les 2 secrétaires et 15 médecins proposés par ARENA dans le modèle de la simulation. Cette solution permet d'optimiser la performance du personnel médical.

5 CONCLUSIONS

Dans ce travail, nous avons présenté la problématique de prise en charge de la grossesse en Haïti. Nous avons proposé une alternative au centre de Maternité Isaïe Jeanty en vue de contribuer à la réduction des taux de mortalité maternelle et infantile. L'accompagnement de la grossesse à domicile de la patiente permettra de lui apporter l'assistance nécessaire et aussi de valoriser la compétence des sages-femmes dans le pays. En vue de dimensionner par la simulation l'effectif nécessaire du personnel médical, nous avons d'abord élaboré une cartographie de processus permettant de présenter l'ensemble des activités à assurer. Pour la modélisation et l'évaluation de la performance de notre démarche, nous avons transformé le modèle conceptuel dans un

langage de simulation par lequel nous utilisons le logiciel SIMAN/ARENA. En vue de déterminer de façon automatique la solution optimale de notre modèle, nous avons couplé notre simulation avec OptQuest for ARENA. Les résultats obtenus peuvent aider à dimensionner les ressources nécessaires au respect des performances attendues au niveau du déroulement des activités de ce centre. Nous avons, dans le cadre de ce travail, uniquement expérimenté la première étape de cette démarche, à savoir le dimensionnement des ressources pour assurer le diagnostic des patientes. Toutefois, le dimensionnement des ressources sages-femmes pour l'accompagnement de la grossesse à domicile et la coordination des activités au niveau du pilotage de cette plateforme constitueront l'objet d'études de la prochaine étape des démarches entreprises pour la réduction des taux de décès maternels et infantiles en Haïti.

REMERCIEMENT

Je remercie le Premier Ministre Haïtien pour le financement partiel qui m'est accordé par la primature dans la réalisation de ma thèse de doctorat

REFERENCES

- Barnichon, D. 1990. Modélisation et Simulation de Systèmes de Production : Problèmes de Spécification et d'Ordonnancement. thèse de Doctorat de l'Université Blaise Pascal, Clermont Ferrand II.
- Bradby, B., 1999. Will I return or not?: Migrant women in Bolivia negotiate hospital birth. *Women's Studies International Forum*, Vol. 22, No. 3, pp. 287–301, USA
- Brucker, G., and A. Canestri, 2000. Epidémiologie des priorités de santé dans les pays pauvres. *ADSP*. No 30.
- Capponi, I., and C. Horbacz, (2008). To become a mother: Anxiety and temporality of social support. *Pratiques psychologiques* 14 (2008) 389–404
- Chabanne, S., 2005. Gestion prédictive des Blocs Opératoires. Formation doctorale : Informatique et Systèmes Coopératifs pour l'Entreprise. Lion : Institut national des Sciences appliquées de Lyon, 204 p.
- Costello, A., K. Azad and S. Barnett, 2006. "An alternative strategy to reduce maternal mortality". *Lancet* 2006;386:1477–9.
- Enquêtes Mortalité, Morbidité et Utilisation des Services (EMMUS). Institut haïtien de l'enfance (IHE), Pétionville – Haïti et Macro International Inc. Calverton, Maryland, USA. 4ème édition. 2007
- Fakhfakh M., 2007 Hospitalisation hors les murs. Mémoire de master de recherche en informatique, Lyon 1, 33 pages.
- Figa-Talamanca, I., 1996. Maternal Mortality and the problem of Accessibility to obstetric care, the strategy of maternity waiting homes. *Soc. Sc. Med.* Vol 42. No 10 pp. 1381-1390. Great Britain.
- Fullerton, J. T., A. M. Navarro, and S.H. Young, 2007. Outcomes of planned home birth: An intergrative Review. *Journal of Midwifery & Women's Health*. San Diego.
- Germain, N., Monteiro, T., Rezg, N., Emmanuel, E., 2008. « Problématiques de mise en œuvre d'une hospitalisation hors les murs dans un pays en voie de développement : Le cas Haïti. ». *GISEH'08 (Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers)*, Lausanne, Suisse.
- Gourgand, M., P. Kellert, 1991. Conception d'un environnement de modélisation des systèmes de production. 3^{ème} congrès International de Génie Industriel. Tours – France.
- Grossmann-Kendall, F., V. Filippi, M. De Koninck, L. Kanhonou, 2001. Giving Birth in Maternity Hospitals in Benin: Testimonies of Women. *Reproductive Health Matters*, Vol. 9, No 18.
- Jebali, A., 2004. « Vers un outil d'aide à la planification et à l'ordonnancement des ressources dans les services de soins » . Thèse INPG. Grenoble : Institut National Polytechnique de Grenoble, 2004 234 p.
- Médecin du Monde, 2008. "Mamans du monde". *Partenariat Médecins du Monde & Comptoir des cotonniers*. 2008.
- Merrick, J. R. W., (2006). OptQuest: Prise de décision et simulation. Department of Statistical Sciences & Operations Research, Virginia Commonwealth University.
- MSPP, 2005. « Liste des institutions Sanitaires en Haïti »
- OMS, 2007. « Un avenir plus sûr : La sécurité sanitaire au XXIème siècle ». *Rapport sur la santé dans le monde en 2007*.
- Pegden, C. D., and D. A. Davis., 1992. Arena: A Siman/Cinema-Based hierarchical Modeling System, in *Proceedings of the Winter Simulation Conference* 1992, p. 390-399.
- Rath, A. D., I. Basnett, M. Cole, H. N. Subedi, D. Thomas, and S. F. Murray, 2007. "Improving Emergency Obstetric Care in a Context of Very High

Maternal Mortality: The Nepal Safer Motherhood Project 1997–2004”. Reproductive Health Matters 2007;15(30):72–80

United Nations Web site. The Millenium Development Goals. Available from: www.un.org/millenniumgoals/ [Accessed August 29, 2009].

UNICEF (2007). Rapport Annuel 2007.

United Nations Development Program, 2008. Capacity Development : Empowering People and Institution. Annual Report 2008.

Valette, N., 2002. Les réseaux de Petri. LAAS-CNRS, Toulouse.

Annexe

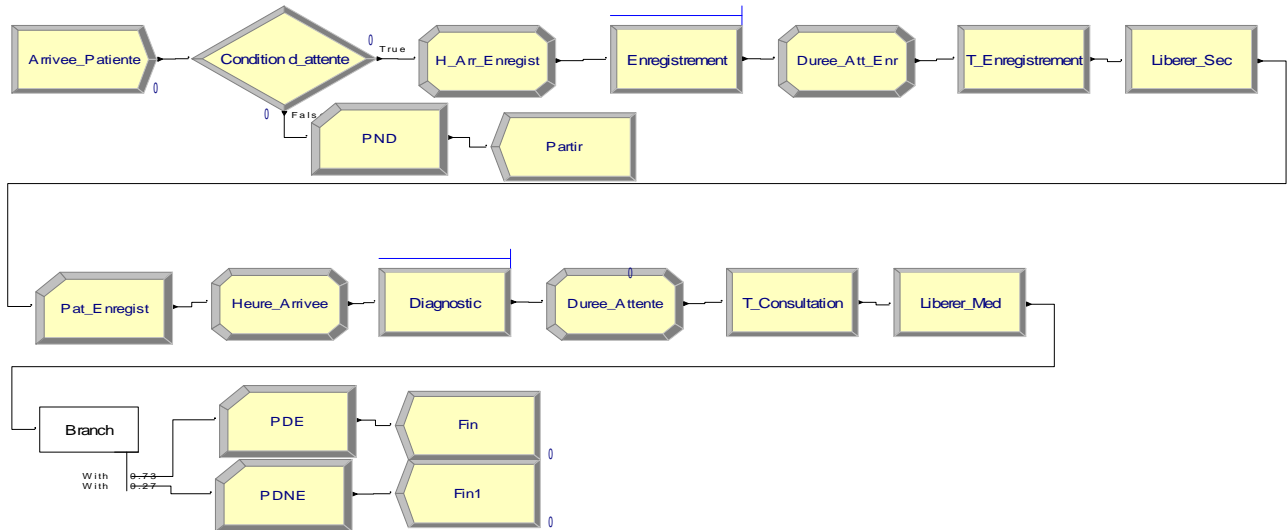


Figure 5: Diagramme de dimensionnement des ressources

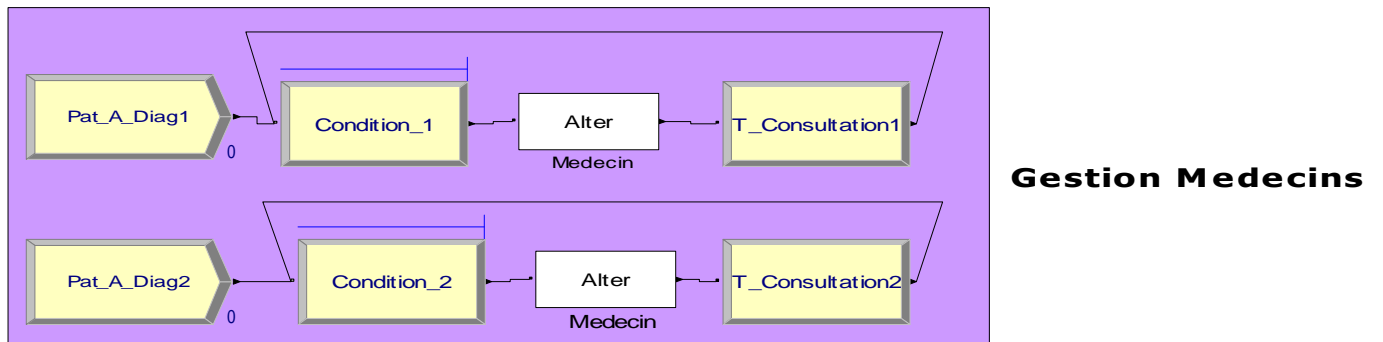


Figure 6: Diagramme d'incrémentation des médecins

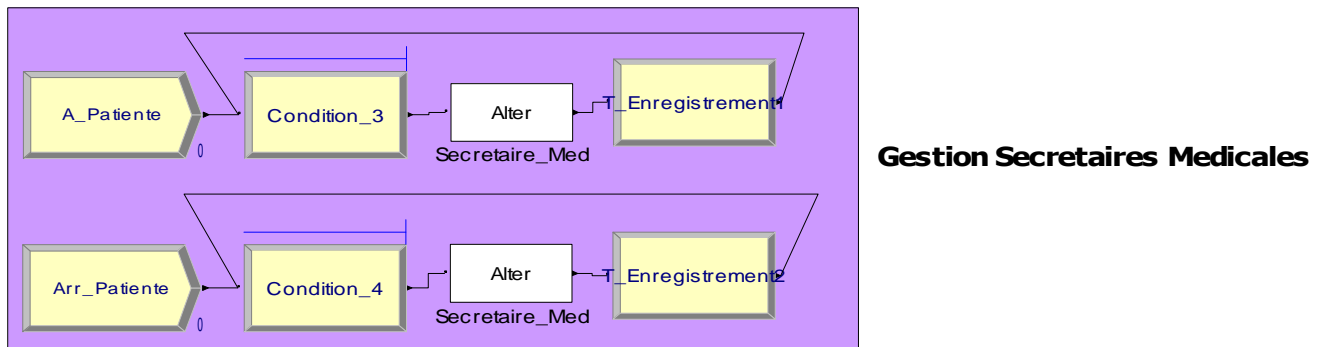


Figure 7: Diagramme d'incrémentation des secrétaires médicales