

Services gouvernementaux, simulation et agents : un heureux ménage ?

PASCAL FORGET^{1,2} ET CHANTAL BARIL^{1,3}

¹ UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

Département de génie industriel, 3351 boul. des Forges, Trois-Rivières, Canada, G9A 5H7

pascal.forget@uqtr.ca; chantal.baril@uqtr.ca

² CIRRELT ; ³ Chaire IRISS

Résumé – Devant l'importance grandissante d'être toujours plus efficace et performant, un grand nombre d'organisations recourent à la modélisation et la simulation de leurs processus d'affaires. Lorsque les processus d'une organisation incluent la coordination avec plusieurs intervenants et que la performance des processus peut être influencée par le comportement de ces intervenants, il est avantageux d'utiliser la simulation à base d'agents. L'article présente une revue de la littérature sur la gestion des processus d'affaires, leur modélisation et simulation, et l'utilisation de la simulation à base d'agents. Un cas d'application à un service gouvernemental, l'agence Emploi-Québec, est présenté et une méthodologie de simulation des processus d'affaires est proposée pour le cas étudié.

Abstract – Confronted to the increasing importance to become more and more efficient and performing, many organizations use modelling and simulation of their business processes. When organization's processes include coordination of multiple participants, it becomes useful to develop an agent-based simulation. The article first presents a literature review on business process management, business process modelling and simulation, and agent-based simulation. Then, a case of a governmental service is presented, with a proposition of an agent-based business process simulation methodology for the case studied.

Mots clés – Gestion des processus d'affaires, coordination, simulation, agents, industrie de services.

Keywords – Business process management, coordination, simulation, agents, service industry.

1 INTRODUCTION

Les entreprises qui ont du succès sont généralement efficaces dans leur organisation du travail et dans l'exécution de leurs activités. Dans un monde excessivement compétitif, la seule façon de continuer à connaître du succès à moyen et long terme est d'améliorer continuellement sa performance, incluant l'amélioration de son efficacité dans ses opérations. En d'autres mots, les activités de l'entreprise doivent être complétées plus rapidement, à un niveau de qualité supérieure et à un coût plus bas [Jennings et al., 2000].

Cette importance grandissante accordée à l'amélioration de la performance a amené un grand nombre d'entreprises à revoir leurs processus d'affaires. La gestion des processus d'affaires (*Business Process Management – BPM*) permet de répondre à cet impératif. Parmi les techniques d'analyse des processus d'affaires, la simulation permet de créer un environnement structuré représentant une partie de l'organisation, dans lequel il est possible de mieux comprendre, analyser et améliorer les processus [Hunt, 1997].

Lorsque les processus d'affaires sont exécutés par plusieurs entités (humaines ou informatiques) et qu'il est intéressant de simuler le comportement de ces entités dans un environnement changeant, la simulation à base d'agents (Agent-based Simulation – ABS) est une approche de plus en plus utilisée par les chercheurs. Ce type de simulation permet de modéliser un système basé sur des entités (appelées ici agents) présentant un certain niveau d'autonomie, dirigées par des buts propres et interagissant entre elles.

Quoique présentant certaines différences au niveau des processus, les industries de services ont les mêmes impératifs de performance que les industries manufacturières. Elles se distinguent principalement du fait que la valeur ajoutée livrée

au client est intangible et que souvent, le client fait partie intégrante du processus. On inclut dans les industries de services le domaine bancaire, les services gouvernementaux, les soins de santé et les services sociaux, la vente au détail, l'éducation, les centres d'appels, l'administration, les ventes, la recherche, etc. Chacun de ces domaines d'activités est caractérisé par des services livrés à des clients et qui demandent l'exécution d'un grand nombre de processus d'affaires.

L'industrie des services, qui inclut les services gouvernementaux, prend de plus en plus de place dans l'économie canadienne. En fait, en 2009, cette industrie représentait plus du deux-tiers (72,8%) du produit intérieur brut (PIB) du Canada, avec une croissance encore plus marquée dans les dernières années [Statistique Canada, 2011]. La tendance de l'emploi dans les pays industrialisés est marquée par la disparition des emplois manufacturiers et agricoles au profit des emplois dans les services. À titre d'exemple, on retrouvait dernièrement aux États-Unis plus de chorégraphes (16 340) que de couleur (métallurgie) (14 880); plus de croupiers (82 960) que d'opérateurs de tour (65 840); trois fois plus de gardes ou agents de sécurité (1 004 130) que de machinistes (385 690) [Blomberg, 2010].

Cet article explore l'application de la simulation des processus d'affaires à base d'agents pour les services gouvernementaux. La section 2 est consacrée à une revue de littérature portant sur la gestion des processus d'affaires et leur simulation. La section 3 présente le cas d'application, soit la production d'avis de formation effectuée par Emploi-Québec. Ensuite, une proposition de méthodologie de simulation à base d'agents pour simuler le processus est décrite à la section 4. L'article conclut avec la section 5 sur une discussion portant sur les défis à relever et les étapes futures.

2 REVUE DE LITTÉRATURE

2.1 Gestion des processus d'affaires

Les dernières décennies ont été riches en développement de philosophies d'amélioration de l'organisation du travail, tel que la gestion totale de la qualité (*Total Quality Management*), la production à valeur ajoutée (*Lean Production*) et le Six-Sigma. Ces philosophies requièrent aux entreprises de revoir fondamentalement le fonctionnement des processus de l'entreprise et de remettre en question la façon dont la valeur est créée. La gestion des processus d'affaires est habituellement mise de l'avant comme le moyen privilégié pour définir, mesurer, analyser et améliorer l'organisation du travail. L'objectif est d'optimiser les processus dans le but d'améliorer la performance de l'entreprise.

Un processus d'affaires décrit les activités qui doivent être faites dans une certaine séquence pour livrer un produit ou fournir un service, précise les intervenants qui doivent les faire et souligne les interdépendances avec d'autres processus [Jennings et al., 2000]. Les activités peuvent être automatisées (opérées par un ordinateur) ou faites par un intervenant humain. Différents auteurs [Georgakopoulos et al. (1995); Nikolaidou et al., 2001] présentent des classifications des types de processus d'affaires, incluant les processus *ad hoc*, où les activités ne suivent pas un ordre strict (souvent utilisés dans les projets d'équipe), les processus de production (répétitifs et complètement prédictibles) et les processus collaboratifs (nécessitant la synchronisation des activités de nombreux intervenants). Certains processus d'affaires, souvent ceux qui comprennent un grand nombre d'activités (plus d'une centaine), présentent des caractéristiques particulières : processus dynamiques (des délais impondérables ou des événements non anticipés retardant le processus ou demandant un ajustement), combinaison d'activités humaines et automatisées, implications de plusieurs organisations, distribution géographique des intervenants, plusieurs responsables de portions du processus, organisations impliquées autonomes avec des buts différents [Jennings et al., 2000]. Ces processus deviennent rapidement complexes à maîtriser et à s'assurer de leur performance. Ce sont les processus qui demandent le plus d'attention.

La gestion des processus d'affaires, souvent appelée réingénierie des processus dans la littérature, demande une revue en profondeur des processus de l'organisation, de façon à se questionner sur certains aspects : ordre, nécessité, dédoublement, propriétaire, attente, délais, etc. L'objectif est de simplifier les processus pour les optimiser [Hunt et al., 1997]. Cette discipline, selon Trkman (2010), se définit comme tous les efforts d'une organisation pour analyser et améliorer ses activités fondamentales, autant manufacturières, marketing, communications, service à la clientèle, etc. Parfois, on emploie, dans un sens identique ou similaire, les expressions de réingénierie, changement ou re-conception (*redesign*) des processus d'affaires.

Comme le précisent Gunasekaran et Kobu (2002), cette réingénierie ne vise pas un ajustement des processus ou des changements mineurs : ce sont plutôt des améliorations dramatiques qui sont recherchées. Une démarche de gestion des processus d'affaires comprend généralement quatre étapes, soit (1) l'identification de l'objectif (ou du problème), (2) la mesure de la performance du processus, (3) l'analyse et (4) l'amélioration. L'identification de l'objectif (1) permet de concentrer l'attention des décideurs sur un processus en particulier et sur ce qu'on cherche à améliorer (ex. le temps d'exécution, les coûts, la qualité, la satisfaction du client,

introduire une nouvelle technologie). La mesure (2) est l'étape de la description du processus et de la collecte d'information et des données quantitatives. Les techniques varient, mais souvent, on utilise une forme de cartographie utilisant des symboles variés, comme des boîtes pour représenter les activités, des flèches pour les transports, des triangles pour le stockage (ou l'attente), etc. Cette étape peut être à elle seule très révélatrice pour rendre évidentes des activités répétitives ou non nécessaires. Ces améliorations potentielles sont identifiées par Lillrank (2010) comme le fruit au bas de l'arbre (*low-hanging fruit*). En fait, une cartographie peut être présentée de multiples façons, dans le but de présenter une information différente : perspective d'acteur, consommation de ressources, utilisation de la capacité, temps d'exécution des tâches, temps de passage, études des mouvements, décisions administratives et processus informationnels [Lillrank, 2010]. L'étape de l'analyse (3) porte sur le questionnement et la modification du processus dans le but d'améliorer la performance initiale mesurée et d'atteindre l'objectif. Finalement, l'amélioration (4) porte sur la conception de nouveau processus et leur implantation dans l'organisation. Pour chaque étape présentée ici, il n'existe pas de méthodologie unique. Consultants, chercheurs et ingénieurs possèdent tous leur propre méthode à chaque étape, utilisant un mélange d'expérience, de connaissances, de créativité et de talent.

Certaines méthodologies et philosophies proposent des étapes supplémentaires ou une variation des étapes présentées plus tôt, suivant par exemple la méthode DMAIC (pour *Define-Measure-Analyze-Improve-Control* de la philosophie Six-Sigma) [Tang et al., 2007]. Différents chercheurs présentent des revues et classifications de méthodes de cartographie et d'analyse [Vergidis, 2008; Kettinger et al., 1997; Aguilar-Saven, 2004]. En fait, la cartographie n'est qu'une parmi un ensemble de techniques de modélisation des processus d'affaires pour saisir le fonctionnement et la complexité des processus. Aguilar-Saven (2004) a révisé plus de 7000 articles traitant de ce sujet, remontant jusqu'en 1985. Elle propose une classification des techniques de modélisation, comprenant différents types de cartographie visuelle (cartographie de flux, diagramme de flux d'information, diagramme de responsabilité, diagramme d'interaction, diagramme de Gantt) et de méthodes de modélisation visant la simulation, dont les méthodes IDEF (*Integrated Definition for Function Modelling*), les réseaux de Petri colorés et les méthodes orientées objet.

Des fournisseurs de logiciels commerciaux proposent des solutions de gestion « de suivi » des processus d'affaires. Ces systèmes sont utilisés une fois que les améliorations sont intégrées aux processus d'affaires et permettent de s'assurer que la description des processus est suivie dans la réalité. Généralement, ils envoient aux intervenants concernés des demandes d'exécution de tâches et demandent une confirmation lorsque la tâche est terminée. Ils fournissent aussi directement les outils et liens vers les bases de données, nécessaires à la réalisation de la tâche. Finalement, ils gèrent les interdépendances entre plusieurs activités, en demandant au bon moment aux différents intervenants d'exécuter leur travail. Ces systèmes permettent aux gestionnaires d'avoir un meilleur contrôle sur l'avancement des activités. Des exemples de logiciels sont WebSphere MQ WorkflowTM (IBM), BPEL Process ManagerTM (Oracle), BMP OneTM et StaffwareTM. Jennings et al. (2000) proposent une solution de suivi des processus d'affaires à base d'agents intelligents (ADEPT) qui permet d'aller au-delà des limites des systèmes commerciaux,

en assignant chaque activité d'un processus à une entité artificielle responsable du suivi de l'activité, pouvant résoudre les problèmes rencontrés.

2.2 Simulation des processus d'affaires

La simulation des processus d'affaires est une des méthodes de plus en plus utilisées pour faire l'analyse des performances des processus d'affaires, autant initiaux qu'améliorés. La simulation permet non seulement de dégager les propriétés du système, mais de voir son évolution suivant des changements apportés [Garro et Russo, 2010]. On peut observer entre autres le déplacement des goulots, l'impact sur les délais de livraison, sur l'attente des postes de travail, sur le manque d'espace de stockage, etc. Gunasekaran et Kobu (2002) présentent une revue de plus de 40 outils et techniques de modélisation et simulation proposés dans la littérature entre 1993 et 2000. Vergidis et al. (2008) présentent une classification des principales techniques de modélisation et de simulation des processus d'affaires en regard avec leurs possibilités d'analyse et d'optimisation. D'abord utilisée pour simuler les processus manufacturiers, elle est maintenant utilisée dans des domaines d'application variés, dont les services, comme pour le système bancaire [Verma et al., 2000], la gestion hôtelière [Aksu, 2001] et les interventions policières [Greasley, 2003]. L'idée de base derrière la simulation est d'acquérir des informations à propos d'un système réel, mais en créant et observant une autre entité (la simulation) qui est suffisamment similaire à son pendant réel pour pouvoir être confiant des informations recueillies [Giaglis et al., 1999]. Ceci permet de tester une variété de scénarios d'améliorations du processus et d'en prédire la performance, et ce, sans nuire aux activités de l'organisation.

Différents avantages sont attribuables à la simulation des processus d'affaires. Un aspect important est son habileté à capturer le comportement dynamique d'un processus, soit la variabilité dans le temps et l'interdépendance des activités et des intervenants [Greasley, 2003]. Ceci est particulièrement intéressant dans le cas des **processus interorganisationnels**, où plusieurs intervenants de différentes organisations doivent se coordonner pour livrer un produit ou un service efficacement. Aussi, comparativement à d'autres outils de recherche opérationnelle, comme la modélisation mathématique, la simulation permet d'expérimenter n'importe quel élément d'un système organisationnel, autant les éléments tangibles (machines, personnes, matériaux, etc.) que les intangibles (information, politiques, rôles, délais, etc.) [Giaglis et al., 1999]. La simulation des processus d'affaires permet aux décideurs de déterminer quels processus devraient être améliorés en priorité et quelle modification aurait le plus d'impact sur la performance de l'organisation [Hunt et al., 1997]. Lorsqu'on combine un modèle de simulation avec une interface graphique et des animations, les décideurs et employés comprennent plus facilement les interactions dans le système et les impacts des changements dans les processus, facilitant d'autant plus la communication des plans de changement dans l'organisation [Giaglis et al., 1999].

Différentes approches de simulations peuvent être utilisées, dont la modélisation mathématique, la simulation à événements discrets et la simulation à base d'agents. Le choix de l'approche dépend directement de ce que l'on veut mesurer. Les modèles mathématiques (ex. les programmes linéaires, programmes non linéaires, la théorie des files d'attente, les réseaux de Petri) modélisent un système en termes de formules mathématiques ou de contraintes et sont utilisés souvent afin de déterminer la meilleure politique pour optimiser un système défini [Yin et Chaturvedi, 2010]. Les

simulations à événements discrets abordent le système du point de vue des événements, en modélisant les processus, les activités et les mouvements. Ce type de simulation permet de saisir l'impact de différents facteurs (scénarios, processus, politiques, événements imprévisibles, etc.) sur les différentes composantes (machines, personnes, matériaux, etc.). Dans ces simulations, les événements arrivent en séquence et le temps avance à chaque événement (de façon discrète) plutôt qu'en continu. Greasley (2003) présente une simulation des processus impliqués dans l'arrestation policière d'un suspect, en utilisant le logiciel commercial de simulation ARENATM. Nikolaidou et al. (2001) présentent une approche de modélisation des processus d'affaires collaboratifs et ad hoc en utilisant les réseaux de pétri modifiés, appliquée au domaine bancaire, particulièrement pour le développement d'un système de gestion des prêts. Barber et al. (2003) présentent différents logiciels commerciaux de simulation des processus d'affaires, dont SimProcessTM, iThinkTM, Extend+BPRTM et ServiceModelTM. Leur analyse conclut que les logiciels disponibles sont encore limités dans leurs possibilités de simuler des systèmes complexes. En fait, selon Nilsson et Darley (2006), il est inapproprié de développer des modèles de simulation sous une conception de linéarité, stabilité, homogénéité et de rationalité parfaite pour expliquer des systèmes complexes, comme les organisations de production et de service.

La simulation à base d'agents aborde les systèmes d'une façon différente. L'accent est mis sur la modélisation des composantes, qu'on représente par des agents logiciels, et les interactions avec les autres agents. L'objectif est de voir émerger des agents, suite à un changement ou une perturbation, un comportement du système difficile à prévoir ou contre-intuitif pour un observateur [Yin et Chaturvedi, 2010]. Contrairement à la simulation à événements discrets, l'exécution des agents est basée sur des règles internes plutôt que des politiques globales et les modèles de simulation sont habituellement en temps continu plutôt que discret (mais pas exclusivement). Cette approche de simulation est particulièrement intéressante pour représenter un système **complexe** et **dynamique**, formé de **multiples entités** possédant des **comportements de résolution de problèmes distincts** et avec des **buts différents** [Nilsson et Darley, 2006]. Cet article s'intéresse particulièrement à cette approche de simulation pour la gestion des processus d'affaires.

2.3 Technologie à base d'agents et simulation

2.3.1 Définitions

Lorsqu'on parle de simulation à base d'agents (ou souvent appelée modélisation à base d'agents), il s'agit de simuler un système réel à l'aide d'un certain nombre d'agents interagissant dans un environnement virtuel, fonctionnant dans un logiciel de simulation qui gère les interactions entre les agents et l'écoulement du temps (Macal and North, 2010). En fait, la simulation à base d'agents est un concept plus qu'une technologie : un concept qui consiste à décrire un système de la perspective des entités (les entreprises, les départements, les gens, les documents) qui le constitue plutôt que de l'architecture du système lui-même [Bonabeau, 2002].

Un agent est une entité informatique possédant un modèle de décision, des moyens de communication et de perception, des buts propres et une connaissance limitée de son environnement. Ces agents logiciels sont capables d'actions autonomes basées sur des informations locales, communiquent entre eux pour échanger des informations et raisonnent pour atteindre des objectifs locaux et globaux [Bussmann et al.

2004]. Wooldrige (2002) propose quatre caractéristiques souhaitées des agents : l'*autonomie*, permettant d'agir avec un certain contrôle sur ses actions sans y avoir été contraint, la *réactivité*, pour pouvoir percevoir son environnement et réagir promptement, la *proactivité*, pour prendre des initiatives afin d'atteindre ses buts, et des *habiletés sociales*, pour interagir et communiquer. Dotés de ces caractéristiques, ces agents possèdent la capacité de se coordonner, c'est-à-dire de prendre en compte les actions d'un autre agent pour prendre une décision de ses propres actions à poser, comme le ferait un humain dans ses activités [Lattila, 2010].

2.3.2 Application au support et à la simulation

Plusieurs chercheurs ont appliqué cette technologie dans une variété de domaines, autres que la simulation des processus d'affaires, comme présentés par Jennings et al. (1998) et Weiss (2003), incluant des applications dans des contextes manufacturiers, systèmes de contrôles, systèmes de télécommunication, gestion du trafic aérien, gestion du transport urbain, gestion de l'information, commerce électronique, suivi de patients et jeux vidéos. Plus récemment, Frayret et al. (2007) ont présenté plus de 60 systèmes à base d'agents qui abordent particulièrement des problèmes manufacturiers, tels que la planification des opérations, la gestion des chaînes d'approvisionnement, la gestion des entrepôts et l'ordonnement de la production. La technologie à base d'agents est particulièrement efficace pour le support et la simulation des systèmes complexes, subissant de nombreuses variations, intégrant beaucoup d'intervenants et où les décisions sont distribuées. Dans ces situations, il devient difficile de développer des modèles mathématiques, dû à la complexité des modèles des acteurs, et le comportement global du système devient difficile à prévoir en raison de la distribution des décisions et du comportement individuel des acteurs. À titre d'exemple, Frayret et al. (2007) proposent une plateforme de planification et de simulation à base d'agents appliquée à la chaîne d'approvisionnement forestière, conçu pour saisir à la fois l'habileté de support et de simulation des agents.

2.3.3 Bénéfices

Différents chercheurs discutent des bénéfices reliés à l'utilisation de la simulation à base d'agents. Bonabeau (2002) pointe trois bénéfices principaux : (1) la capture de phénomènes émergents, (2) la description naturelle du système et (3) la flexibilité. L'émergence d'un phénomène (1) imprévu ou contre-intuitif provient des interactions entre les entités pour créer un comportement collectif. L'auteur présente de nombreux exemples, dont la modélisation du comportement humain dans les situations d'évacuation (notamment lors de feu et de panique), la modélisation du trafic urbain, la modélisation du flot de clients (dans les supermarchés et les parcs d'attractions) et la modélisation de stratégies d'échange d'action au NASDAQ. En modélisant le comportement individuel avec des règles simples de réaction à son environnement et aux comportements des autres agents, les simulations permettent d'observer des phénomènes émergents dont on peut tirer des enseignements et qui seraient demeurés inconnus en simulant le système dans son ensemble. Macal et North (2010) présentent de nombreuses applications de la simulation à base d'agents pour observer des phénomènes émergents, dont la diffusion d'une épidémie, la menace des guerres bactériologiques, l'adaptabilité du système immunitaire, le comportement des clients, la chute de civilisations anciennes et les engagements militaires.

La simulation à base d'agents convient le mieux lorsque la description naturelle d'un système (2) se compose d'entités aux comportements hétérogènes, ce qui est plus direct que de modéliser le système à l'aide d'équations. Selon Yang et al., (2010), lorsque le système comprend des comportements de **coopération**, de **coordination** ou de **compétition**, et que naturellement, les différents intervenants possèdent des **buts propres**, la simulation à base d'agents est un choix qui convient mieux que la simulation à événements discrets pour la modélisation des systèmes d'une entreprise. De plus, les décideurs peuvent mieux comprendre le modèle et s'identifier aux solutions. Nilsson et Darley (2006) parlent ici de réalisme. Finalement, la flexibilité (3) s'explique par la possibilité de modifier la composition de n'importe quel agent, ses caractéristiques et habiletés propres (apprentissage, règles de décision, connaissance, etc.) ou en retirer ou ajouter un facilement, sans effort de modélisation important. Nilsson et Darley (2006) ajoutent aussi la possibilité de développer de façon distincte différents agents et de les ajouter au modèle lorsqu'ils sont prêts.

2.4 Simulation des processus d'affaires à base d'agents

Il y a un intérêt de plus en plus marqué de la part de la communauté scientifique pour les technologies à base d'agents, dans le cas d'un grand nombre d'applications, mais plus récemment pour la simulation des processus d'affaires, dans le but de profiter de certaines opportunités des agents dans la prise de décision [Lattila, 2006; Nilsson et Darley, 2006]. L'utilisation de la simulation à base d'agents appliquée aux organisations de production et de services est prometteuse, particulièrement pour la simulation des processus d'affaires [Bonabeau, 2002; Swaminathan, 1998]. Ce type de simulation est intéressant dans le cas d'environnements où la complexité du système provient de l'interaction entre les entités (humaines ou virtuelles) qui utilisent des mécanismes de décision propres et des buts propres. En modélisant les comportements des différents intervenants d'un processus et les interactions entre ces intervenants, on peut tester une multitude d'arrangements de processus, observer la dynamique de groupe qui émerge et mesurer différents indicateurs de performance.

Nilsson et Darley (2006) illustrent le potentiel de la simulation à base d'agents pour la réingénierie des processus d'affaires en présentant une plateforme de création de scénarios manufacturiers, appliquée à une entreprise d'emballage. Les processus sont caractérisés par la participation de nombreuses entités ayant un accès limité à l'information, avec différent niveau d'influence, différentes activités ont lieu simultanément et différents indicateurs de performance sont utilisés pour chaque entité, provoquant des buts différents pour chacun et des conflits possibles. En modélisant les processus, les interactions et les agents, ils ont recréé une usine virtuelle présentant un comportement semblable à l'usine réelle. Ils ont testé deux politiques stratégiques dans le but d'observer le comportement émergent du système, soit l'augmentation de la production pour répondre à la demande grandissante du client principal et le non-renouvellement du contrat avec le deuxième meilleur client. L'analyse du modèle de simulation a conclu qu'il était possible, en respectant la capacité actuelle de l'usine (mais en augmentant les heures travaillées), d'augmenter la production pour le client principal, tout en conservant le contrat avec le second client. Les décideurs étaient alors intéressés à simuler l'introduction de différents quarts de travail supplémentaires, dans le but d'augmenter les heures travaillées sans investir dans les équipements, pour observer

l'impact sur les niveaux d'inventaire, l'utilisation des machines et la qualité du service.

Yang et al. (2010) présentent un cadre de simulation des processus d'affaires à base d'agents pour supporter la planification des activités de service à la clientèle. Leur cadre est appliqué à un processus de personnalisation de voiture (*car customization*), comprenant les activités des départements des ventes, des finances, des approvisionnements et des achats. Le cadre propose d'utiliser des agents-activités représentant chaque département du processus, un agent-processus responsable du processus, un agent-sous-processus, un agent-ressource et un agent-organisation. À l'aide d'un mécanisme de communication et des buts internes pour chaque agent, la simulation permet d'obtenir des informations sur le temps d'exécution de chaque activité, le temps de cycle moyen, les coûts et l'utilisation des ressources. Différentes perturbations peuvent être introduites et les processus peuvent être modifiés. Ce cadre est très intéressant du point de vue de l'utilisation des agents pour simuler les processus d'affaires dans un cadre de services. Par contre, ils ne tirent pas avantage de la coordination des activités inter-organisation et ne font pas intervenir le client dans le processus, comme c'est souvent le cas dans les processus de service.

3 CAS D'APPLICATION

Les agences gouvernementales, comme Emploi-Québec, font face à des compressions toujours plus importantes de leur budget, tout en étant forcées d'offrir plus de services. Plus qu'une question de travailler plus et plus vite, il devient nécessaire de travailler mieux [Voehl, 2010]. De plus, les services offerts par ces entités gouvernementales nécessitent la coordination de nombreux intervenants externes, ce qui les rend particulièrement intéressantes du point de vue de la simulation à base d'agents des processus d'affaires. Ce sont des cas d'application de réseaux où les décisions sont distribuées et où les acteurs (autant les employés que les clients) suivent des buts locaux, mais demeurent incapables de connaître l'impact de leur processus sur le client. Par contre, la décentralisation des décisions et le nombre d'intervenants rendent difficiles la comparaison de l'efficacité des processus de coordination et l'identification des processus gagnants pour le client final.

Le cas d'application proposé ici est la production d'un avis de formation par l'agence Emploi-Québec (E-Q), sous la supervision du Ministère de l'Emploi et de la Solidarité sociale du Québec. Dans le cadre de ses activités, Emploi-Québec entretient plusieurs partenariats avec la population, les institutions et les entreprises, dont les partenariats d'information, de consultation, de concertation, de gestion et de services.

L'avis de formation entre dans la catégorie des partenariats de consultation qu'Emploi-Québec offre aux établissements d'enseignement. Un avis de formation est un rapport avisant les établissements d'enseignement d'une région donnée sur l'intérêt d'une formation offerte ou à offrir par les établissements d'enseignement professionnel et technique, en perspective avec différents facteurs, dont les besoins du marché, les perspectives d'emploi, la disponibilité de la main-d'œuvre, etc. Cet avis est produit lorsqu'une demande est faite par un établissement d'enseignement ou par un centre local d'emploi (CLE), soit un des 150 points de service d'Emploi-Québec. Un établissement d'enseignement ou un CLE qui désire avoir un avis de formation doit s'adresser à la Direction régionale d'Emploi-Québec de sa région. Emploi-Québec

dispose en fait de 17 directions régionales couvrant la totalité du territoire.

La production d'un avis de formation consiste en un processus d'affaires comportant un grand nombre d'activités et nécessitant la collaboration d'environ une douzaine d'intervenants pour être complétée. Le processus en entier, de la réception de la demande à sa livraison au client, prend environ un mois. Le temps de service de chaque intervenant est très variable, principalement en raison des délais d'attente et les disponibilités variables des intervenants.

La Figure 1 présente le réseau des intervenants impliqués dans la production d'un avis de formation, pour le cas de la région de la Mauricie. La demande est initiée par le client, qui peut être un établissement d'enseignement ou un CLE. L'établissement d'enseignement peut être privé ou public, de niveaux secondaire, professionnel ou collégial. Pour les établissements d'enseignement, ce sont généralement les directeurs de l'établissement qui s'interrogent sur l'intérêt d'offrir un nouveau programme de formation. Ces derniers doivent alors remplir un formulaire et le présenter Comité Formation professionnelle et formation technique (Comité FPFT) de sa région (ici la Mauricie). Les membres de ce comité (représentants d'établissements d'enseignement, représentants gouvernementaux et intervenants régionaux) doivent analyser les demandes d'avis de formation et s'assurer que les demandes présentent un intérêt. Si une demande est acceptée, elle est alors transmise à la Direction régionale de la planification, du partenariat et de l'information sur le marché du travail – Mauricie (DPPIMT-Mauricie). C'est cette direction, sous la responsabilité de la Direction régionale Emploi-Québec – Mauricie, qui est responsable de l'émission d'avis de formation pour la région.

Lorsque la demande attend le DPPIMT-Mauricie, c'est le directeur qui se saisit du dossier. Ce dernier doit s'assurer que la demande est complète et que l'information est suffisante pour permettre la production de l'avis. Il transmet ensuite la demande à l'économiste régional. Ce dernier est responsable de la rédaction de l'avis. Il est aussi le point central de la collaboration avec les différents intervenants qui aideront à la rédaction de l'avis. Il doit analyser la demande, rechercher l'information nécessaire, communiquer avec divers intervenants pour obtenir des informations, rapports ou avis, et consulter les rapports écrits et les bases de données nécessaires. Les intervenants qui participent à la rédaction de l'avis sont l'agent de recherche et le responsable mesures formation du DPPIMT – Mauricie, les dirigeants d'entreprises privées de la région, l'agent de développement du Ministère du Développement économique, de l'innovation et de l'exportation (MDEIE) et les membres des différents comités sectoriels de main-d'œuvre. Ces comités (il y en a 30 au Québec) sont constitués d'intervenants appartenant à un secteur industriel en particulier (par exemple, l'aéronautique, l'aménagement forestier, le tourisme). L'économiste régional consulte aussi des bases de données régionales, provinciales et canadiennes, dont le répertoire local d'avis, IMT en ligne, Placement en ligne et Service Canada.

Lorsque l'économiste termine l'avis de formation, il le transmet au directeur du DPPIMT – Mauricie. Le directeur vérifie le contenu et la forme de l'avis et s'assure de sa conformité avec les standards de qualité approuvés. Il peut demander une révision au besoin. Lorsque l'avis est accepté, il doit être présenté par le directeur au comité de gestion de régional. Ce comité, qui se rencontre environ une fois par mois, doit à son tour analyser la demande d'avis, vérifier l'avis de formation et donner son approbation pour publication.

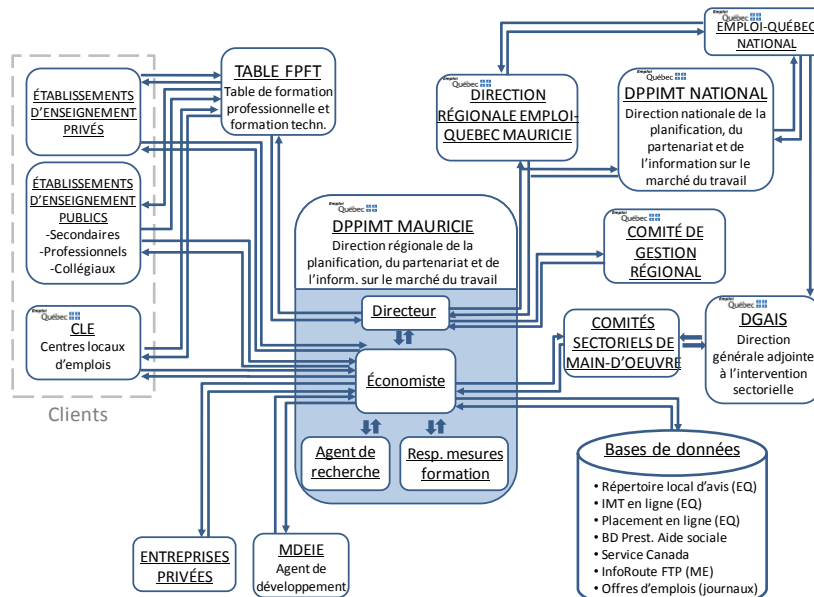


Figure 1. Réseau de la production d'un avis de formation

Lors de cette réunion, le directeur, qui est présent, est notifié de l'acceptation (ou du refus) de publication. Dans le cas de l'acceptation, le directeur transmet l'avis à la Table FPFT, qui le transmettra au client. Par la suite, le directeur transmet l'avis à la direction régionale d'Emploi-Québec – Mauricie, pour une publication générale. La Figure 2 présente le résumé du processus suivi pour la production d'un avis de formation.

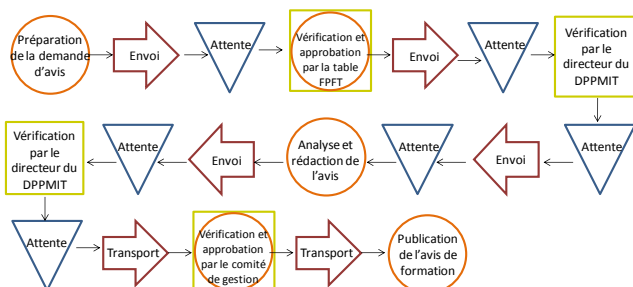


Figure 2. Processus résumé de la production d'avis

Entreprises privées, l'agent MDEIE et l'agent BD. Ces agents doivent trouver les informations demandées et les transmettre à l'agent production. L'agent BD est particulier, puisqu'il ne représente pas un intervenant humain, mais un ensemble de bases de données accessibles par l'agent production. Il sert à simuler l'accessibilité aux bases de données consultées, avec les délais et les coûts associés. L'agent CLE peut aussi être considéré comme agent d'information, puisqu'il peut être consulté par l'agent production pour obtenir certaines informations.

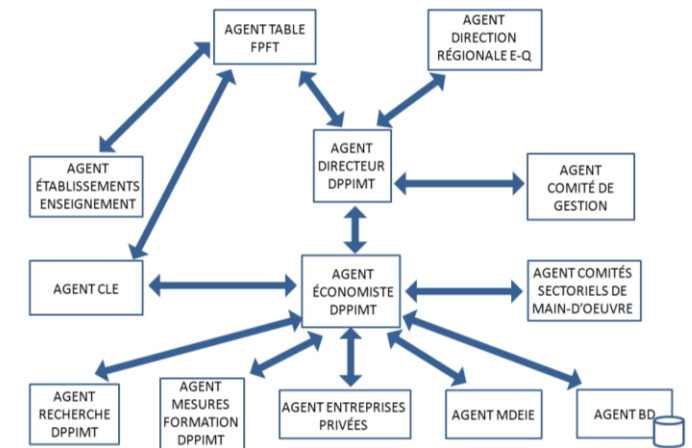


Figure 3. Architecture de simulation à base d'agents

Les flèches entre les agents (Figure 3) représentent des échanges d'information rendus possibles à l'aide de protocole de communication.

4.2 Modélisation des agents

Tous les agents représentés dans l'architecture de simulation possèdent des processus de décision qui leur sont propres. L'objectif de la simulation à base d'agents est de permettre la représentation (habituellement partielle) du processus de décision de l'entité réelle (humaine ou informatique). Dans la réalité, ces décisions portent principalement sur la priorité que l'individu ou l'entité accorde aux demandes (ou commandes)

4 METHODOLOGIE

4.1 Architecture de simulation

L'architecture de simulation à base d'agents pour le cas de la production d'avis de formation est présentée à la Figure 3. Dans cette architecture, on distingue cinq types d'agents : client, vérification, production, information et diffusion. On retrouve deux agents de type client, soit un agent *Établissements d'enseignement* et un agent *CLE*. Ces agents permettent la génération et la transmission de demande d'avis. Ensuite, trois agents de vérification sont représentés, soit un agent *Table FPFT*, un agent *Directeur DPPIMT* et un agent *Comité de gestion*. Ces agents, à divers moments dans le processus, sont responsables de vérifier une étape de production et de transmettre un message ou un document à un intervenant. Un seul agent de production est utilisé, soit l'agent *Économiste DPPIMT*. Cet agent est responsable de planifier la production de l'avis, coordonner les échanges avec les intervenants et transmettre les informations. Finalement, six agents de type information sont utilisés, soit l'agent *Recherche DPPIMT*, l'agent *Mesures formation DPPIMT*, l'agent

d'un autre intervenant. Ici, une commande peut être une demande d'avis de formation ou une demande d'information, mais aussi toute requête provenant d'autres processus qui ne font pas partie du processus de production d'avis de formation. Selon sa perception de la priorité d'une demande ou selon toute autre raison, la commande peut être traitée rapidement ou plutôt prendre beaucoup de temps. Une façon de représenter cette décision dans un agent est de créer un modèle d'utilité locale. Ce modèle associe certaines récompenses au choix d'une commande plutôt qu'une autre. L'agent peut aussi utiliser un modèle d'utilité globale (pour le réseau), qui estime le gain d'effectuer une tâche pour l'ensemble du réseau. La Figure 4 présente le processus décisionnel de l'agent *Économiste DPPIMT* lorsqu'il reçoit une nouvelle commande.

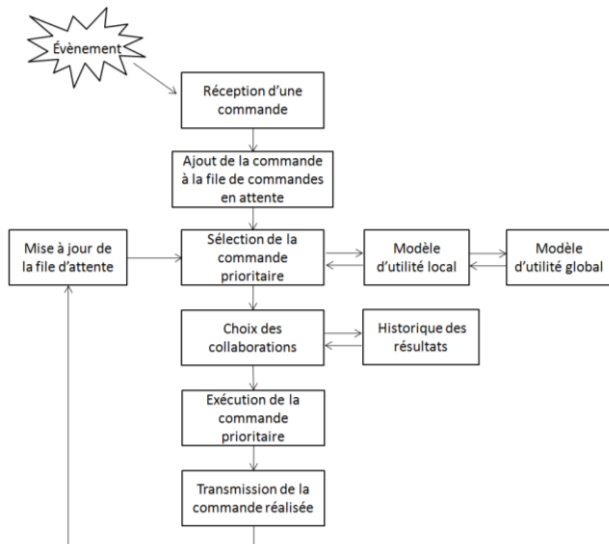


Figure 4. Processus décisionnel de l'agent *Économiste*

L'évènement qui déclenche peut être la demande d'un nouvel avis de formation par l'agent *Directeur DPPIMT*, mais aussi toute autre demande provenant d'un processus quelconque. L'agent ajoute la nouvelle commande à la file d'attente de commandes qui ont été reçues précédemment et qui attendent d'être traitées. L'agent doit alors choisir la commande qu'il juge prioritaire, soit en utilisant une règle fixe (ex. premier arrivé, premier servi) ou en ayant recours à ses modèles d'utilité locale (bien pour lui) et d'utilité globale (bon pour le réseau). Une seconde décision qui doit être prise est le choix des collaborations qu'il doit entreprendre avec d'autres agents pour remplir la commande prioritaire choisie. Pour une question de temps et de coûts, tous les agents information ne sont pas consultés pour toutes les commandes. L'agent utilise un mécanisme d'apprentissage basé sur un historique de résultats (beaucoup ou peu d'informations utiles échangées) pour décider des collaborations à utiliser. Par la suite, l'agent peut exécuter la commande, la transmettre à l'agent concerné et mettre à jour la file d'attente des commandes.

Chaque agent de l'architecture de simulation possède son propre processus décisionnel. Le processus décisionnel doit être conçu de façon à représenter les choix possibles de l'entité représentée par l'agent et les mécanismes qui sous-tendent la prise de décision. Cette modélisation se fait à partir des données tirées d'entrevues réalisées avec les personnes représentées par un agent. Le concepteur doit comprendre de façon détaillée le processus décisionnel réel.

Lorsque les agents sont modélisés et insérés dans une architecture de simulation, il devient possible de modifier

certains paramètres (par ex. les règles de priorité, les processus décisionnels, les processus de communication, les modèles d'utilité) et d'en vérifier l'impact sur la performance globale du réseau, qui peut être, par exemple, mesurer en termes de réduction du temps total de production d'un avis de formation. Une phase de validation doit ensuite être faite. Pour se faire, on doit comparer les résultats obtenus lors des simulations avec les résultats antérieurs du système réel et discuter des écarts avec les responsables du système pour ajuster la modélisation des processus décisionnels.

5 CONCLUSION

Cet article dresse un portrait général de la revue de littérature sur la théorie de la gestion des processus d'affaires et des différentes techniques et méthodes pour permettre l'évaluation de plusieurs alternatives de processus. On y positionne la simulation comme une alternative avantageuse, permettant d'améliorer la compréhension de l'organisation du travail et l'impact de changement sur la réalité. La simulation à base d'agents est mise de l'avant comme une méthode prometteuse pour l'amélioration des processus, particulièrement dans le cas des systèmes dynamiques, complexes, avec de nombreuses entités autonomes qui interagissent et qui présentent des comportements propres et potentiellement conflictuels selon leurs buts locaux. Par la modélisation des processus de décision internes de chaque entité, on désire vérifier l'impact d'un changement par l'émergence d'un comportement de groupe difficile à prévoir ou contre-intuitif. La seconde partie de l'article décrit un cas d'application tiré du domaine des services gouvernementaux. On y présente les caractéristiques du processus et les entités qui doivent se coordonner pour livrer le service. Une proposition de modélisation et de simulation à base d'agents du processus est proposée, en définissant le rôle des agents et le modèle de décision de l'un d'entre eux.

Plusieurs difficultés se dressent devant un projet de modélisation de système complexe à base d'agents. D'abord, la modélisation de comportements potentiellement irrationnels humains est difficile à modéliser. Aussi, un modèle à base d'agents est difficilement généralisable à plusieurs applications : le modèle de simulation doit être spécialisé, donc peu réutilisable. Il s'en suit un effort de modélisation important et une connaissance nécessaire des langages de programmation. Bref, la simulation à base d'agents n'est pas une panacée en soi, mais une alternative qui peut être bénéfique dans certaines situations.

Les prochaines étapes prévues dans ce projet consistent d'abord à créer un modèle de simulation à événements discret pour le processus décrit. Ce modèle servira de base de comparaison, dans le but d'évaluer l'avantage d'utiliser la simulation à base d'agents dans l'observation de l'impact de changements dans le processus, et permettra de valider le fonctionnement du modèle avec le partenaire gouvernemental. Puis, un travail de modélisation par agent des intervenants du processus et des interactions sera engagé, en utilisant une plateforme de développement à code source libre (*open source*), tel que Cougaar (www.cougaar.org) et Jade (jade.tilab.com). Il sera alors possible de donner une réponse à la question principale de l'article : les services gouvernementaux, la simulation et les agents font-ils un heureux ménage?

6 REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier Emploi-Québec de la Mauricie, particulièrement Mme Claire Pépin, directrice régionale, et M. Jules Bergeron, économiste régional.

7 REFERENCES

- Aguilar-Saven, R.S., (2004) Business Process modelling : Review and framework. *International Journal of Production Economics*, 90, pp. 129-149.
- Aksu, A.A., (2001) Re-engineering revisited : a simulation approach. *Business Process Management Journal*, 7(2), pp. 131-138.
- Barber, K.D., Dewhurst, F.W., Burns, R.L.D.H., Rogers, J.B.B., (2003) Business-process modelling and simulation for manufacturing management : A practical way forward. *Business Process Management Journal*, 9(4), pp. 527-542.
- Blomberg, J., (2010) Work in the service economy. Dans : Salvendy, G, et Karwowski, W (Eds.) Introduction to service engineering, John Wiley and Sons : New Jersey, pp. 48-70.
- Bonabeau, E. (2002) Agent-based modelling: Methods and techniques for simulating human systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99, pp. 7280-7287.
- Bussmann, S., Jennings, N.R., Wooldridge, M., (2004) Multiagent Systems for manufacturing Control: A Design Methodology, Springer-Verlag Berlin Heidelberg : Berlin, Allemagne.
- Emploi-Québec, (2011) Site internet : <http://emploiquebec.net>, consulté le 23 mars 2011.
- Frayret, J.M., D'Amours, S., Rousseau, A., Harvey, S. and Gaudreault, J. (2007). Agent-based Supply Chain Planning in the Forest Products Industry. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 19(4), pp. 358-391.
- Garro, A., Russo, W., (2010) easyABMS : A domain-expert oriented methodology for agent-based modeling and simulation. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 18, pp. 1453-1467.
- Giaglis, G.M., Paul, R.J., Hlupic, V., (1999) Integrating simulation in organizational design studies. *International Journal of Information Management*, 19, pp. 219-236.
- Greasley, A., (2003) Using business-process simulation within a business-process reengineering approach. *Business Process Management Journal*, 9(4), pp. 408-420.
- Georgakopoulos, D., Hornick, M., Sheth, A., (1995) An Overview of Workflow Management : From Process Modeling to Workflow Automation Infrastructure. *International Journal of Distributed and Parallel Databases*, 3, pp. 119-153.
- Gunasekaran, A., Kobu, B., (2002) Modelling and analysis of business process reengineering. *International Journal of Production Research*, 40(11), pp. 2521-2546.
- Hunt, K.L., Madigan, E.F. Jr., Hansen, G.A., Phelps, R.A., (1997) Simulation success stories : Business process reengineering. *Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference*, pp. 1275-1279.
- Jennings, N.R., Norman, T.J., Faratin, P., (1998) ADEPT : An Agent-Based Approach to Business Process Management. *SIGMOD Record*, 27(4), pp. 32-39.
- Jennings, N.R., Norman, T.J., Faratin, P., O'Brien, P., Odgers, B., (2000) Autonomous Agents for Business Process Management. *Appl. Artificial Intelligence*, 14, pp. 145-189.
- Jennings, N.R. Sycara, K., Wooldridge, M., (1998) A roadmap of agent research and development. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 1(1), pp. 7-38.
- Kettinger, W.J., Teng, J.T.C., Guha, S., (1997) Business process change : A study of methodologies, techniques and tools. *MIS Quarterly*, 21(1), pp. 55-80.
- Lattila, L., Hilletoft, P., Lin, B., (2010) Hybrid simulation models – When, Why, How? *Expert Systems with Applications*, 37, pp.7969-7975.
- Lillrank, P., (2010) Service Processes. Dans : Salvendy, G, et Karwowski, W. (Eds.) Introduction to service engineering, John Wiley and Sons : New Jersey, pp. 338-364.
- Macal, C.M., North, M.J., (2010) Tutorial on agent-based modelling and simulation. *Journal of Simulation*, 4, pp. 151-162.
- Nikolaidou, M., Anagnostopoulos, D., Tsalgatidou, A., (2001) Business Processes Modelling and Automation in the banking sector : a case study. *International Journal of simulation*, 2(2), pp. 65-76.
- Nilsson, F., Darley, V., (2006) On complex adaptive systems and agent-based modelling for improving decision-making in manufacturing and logistics settings. *International Journal of Operations & Production Management*, 26(12), pp. 1351-1373.
- North, M.J., Macal, C.M., (2007) Managing Business Complexity : Discovering Strategic Solutions with Agent-Based Modeling and Simulation, Oxford University Press : Oxford, Angleterre.
- Statistique Canada, (2011) Statistiques relatives à l'industrie canadienne (SIC). Site internet : http://www.ic.gc.ca/eic/site/cis-sic.nsf/fra/h_00019.html, consulté le 24 mars 2011.
- Swaminathan, J.M., Smith, S.F., Sadeh, N.M., (1998) Modeling Supply Chain Dynamics : A Multiagent Approach. *Decision Sciences*, 29(3), pp. 607-632.
- Tang, L.C., Goh, T.N., Lam, S.W., Zhang, C.W., (2007) Fortification of Six Sigma : Expanding the DMAIC Toolset. *Quality and Reliability Engineering International*, 23, pp. 3-18.
- Trkman, P., (2010) The critical success factors of business management. *International Journal of Information Management*, 30, pp. 125-134.
- Vergidis, K., Tiwari, A., Majeed, B., (2008) Business Process Analysis and Optimization: Beyond Reengineering. *IEEE Transactions on systems, Man, and Cybernetics – Part C : Applications and Reviews*, 38(1), pp. 69-82.
- Vermat, R., Gibbs, G.D., Gilgan, R.J. (2000) Redesigning check-processing operations using animated computer simulation. *Business Process Management Journal*, 6(1), pp. 54-64.
- Voehl, F., Elshennawy, A., (2010) Lean Service. Dans : Salvendy, G., Karwowski, W. (Eds.) Introduction to service engineering, John Wiley and Sons : New Jersey, pp. 381-402.
- Weiss, G. (2003). Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence. The MIT Press : Cambridge, États-Unis.
- Wooldridge, M.J., (2002) An Introduction to MultiAgent Systems, John Wiley & Sons : Chichester, Angleterre.
- Yang, F., Shen, W., Tan, W., Ghenniwa, H.H., (2010) A Framework for Service Enterprise Workflow Simulation Based on Multi-Agent Cooperation. *2010 IEEE International Conference on Systems Man and Cybernetics*, pp. 2587-2594.
- Yin, Y., Chaturvedi, A., (2010) Service enterprise modeling. Dans : Salvendy, G., Karwowski, W. (Eds.) Introduction to service engineering, John Wiley and Sons : New Jersey, pp. 135-158.