UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

IDENTIFICATION DES SERVICES TI À PARTIR DE MODÈLES DE PROCESSUS D'AFFAIRES : UNE APPROCHE PAR LA MODÉLISATION D'AFFAIRES

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION

PAR

REDOUANE BLAL

OCTOBRE 2018

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.07-2011). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier mon directeur de recherche, M. Abderrahmane Leshob, professeur à l'Université du Québec à Montréal (UQAM), pour sa disponibilité, ses directives, ses idées et sa précieuse expertise, qui m'ont aidé à rendre ce projet possible. Par la même occasion, je remercie les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce mémoire.

Je tiens également à remercier le corps professoral de l'UQAM qui m'a accompagné tout au long de mon parcours académique pour rendre mon cheminement riche d'expérience.

Un remerciement particulier à Mme Magda Fusaro, rectrice de l'UQAM, et à M. Laurent Renard, professeur et directeur de programme à l'école des sciences de la gestion de l'UQAM : Grâce à votre soutien surtout lors des moments difficiles, j'ai eu le courage de me rendre jusqu'au bout de ce parcours.

Sur un plan personnel, je remercie toute ma famille, tout particulièrement ma conjointe Meriem, pour son amour et son soutien. Je ne peux oublier de remercier mes parents pour leur amour inconditionnel. Mes plus sincères remerciements à mon frère et mes sœurs pour leur appui.

Je tiens aussi à remercier mes collègues et ami(e)s qui ont offert leur soutien pour m'encourager et souvent leur disponibilité pour participer à ce projet.

À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, vous trouverez ici mes plus vifs remerciements.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES xi

LISTE DES TABLEAUX xiii

LISTE DES ABRÉVIATIONS xv

RÉSUMÉ xvii

ABSTRACT xix

INTRODUCTION 21

0.1 Contexte de recherche 21

0.2 Contribution théorique et pratique 23

0.3 Approche méthodologique 25

0.4 Structure du document 25

CHAPITRE I
PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS DE RECHERCHE 27

1.1 Présentation de la problématique de recherche 27

1.1.1 Défis de l'identification de services à partir de modèles de processus d'affaires 27

1.1.2 Problématique de recherche 29

1.2 Questions et objectifs de recherche 30

1.3 Portée de ce projet de recherche 31

1.4 Conclusion 32

CHAPITRE II
CADRE MÉTHODOLOGIQUE 33

2.1 Type de recherche 33

2.2 Étapes de la méthode de recherche 34

2.2.1 Identification de la problématique et sa motivation 35
2.2.2 Définition des objectifs de la solution 36
2.2.3 Conception et développement des artefacts 36
2.2.4 Démonstration 37
2.2.5 Évaluation 37
2.2.6 Communication 37

2.3 Conclusion 38

CHAPITRE III

REVUE DE LITTÉRATURE 39

3.1 Modélisation d'affaires et de processus d'affaires 39

3.1.1 Modélisation de processus d'affaires 40
3.1.1.1 Processus d'affaires 40
3.1.1.2 Modèle de processus d'affaires 40
3.1.2 Modélisation d'affaires et ontologies d'affaires 44
3.1.2.1 L'ontologie e3-value 44
3.1.2.2 L'ontologie e-BMO 46
3.1.2.3 L'ontologie REA 48
3.1.2.4 Le choix d'une ontologie d'affaires 53

3.2 Conception de SI à partir de modèles de processus d'affaires 54

3.2.1 Les défis des approches de conceptions de SI 54
3.2.1.1 Approche d'ingénierie logicielle basée sur des méthodes de développement agiles 55
3.2.1.2 Approche des progiciels de gestion intégrée 56
3.2.1.3 Approche par la gestion de processus d'affaires 57
3.2.2 Architecture orientée-service 59
3.2.2.1 Notion de service 59
3.2.2.2 Modélisation du service 60

3.3 Méthodes d'identification de services 61

3.4 Conclusion 64

CHAPITRE IV
CONCEPTION ET DÉVELOPPEMENT DE LA MÉTHODE D'IDENTIFICATION DE SERVICES À PARTIR DE MODÈLES DE PROCESSUS D'AFFAIRES 65

4.1 Conception de la méthode 65

4.1.1 Vers une approche générique 66
4.1.2 Méthode d'identification des services 67
4.1.2.1 Étape 1 : Construction de la chaîne de valeur 68
4.1.2.2 Étape 2 : Identification des services d'échanges 71
4.1.2.3 Étape 3 : Identification des services d'affaires 73

4.2 Conclusion 80

CHAPITRE V
DÉMONSTRATION DE LA MÉTHODE D'IDENTIFICATION DE SERVICES À PARTIR DE MODÈLES DE PROCESSUS D'AFFAIRES 83

5.1 Identification des services 83

5.1.1 Construction de la chaîne de valeur 84
5.1.2 Identification des services d'échanges 84
5.1.3 Identification des services d'affaires 86
5.1.4 Association des services aux partons d'affaires 89
5.1.5 Spécification des services 92

5.2 Conclusion 94

CHAPITRE VI
ÉVALUATION DE LA MÉTHODE D'IDENTIFICATION DE SERVICES À PARTIR DE MODÈLES DE PROCESSUS D'AFFAIRES 95

6.1 Approche d'évaluation 95

6.2 Le processus d'évaluation 96

6.2.1 Données expérimentales 96
6.2.2 Évaluation des questions utilisées par la méthode 97
6.2.2.1 Sélection des participants 97
6.2.2.2 Conception de l'expérimentation 99
6.2.2.3 Déroulement et résultats de l'expérimentation 102
6.2.3 Évaluation des services 108

6.2.3.1 Sélection des participants 109
6.2.3.2 Conception de l'expérimentation 110
6.2.3.3 Déroulement et résultats de l'expérimentation 115

6.3 Conclusion 122

CONCLUSION ET RÉFLEXION SUR LES TRAVAUX FUTURS 123

6.4 Contributions 123

6.5 Travaux futurs 124

6.6 Conclusion 126

APPENDICE A
MODÈLES DE PROCESSUS D'AFFAIRES. 127

APPENDICE B
APPLICATION DE LA MÉTHODE AUX PROCESSUS 133

APPENDICE C
QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION DES QUESTIONS 140

APPENDICE D
QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION DES SERVICES 143

APPENDICE E
ARTICLE ICEBE 2017 151

BIBLOGRAPHIE 167

LISTE DES FIGURES

Figure		Page
0.1	Le contexte de ce projet de recherche.	25
1.1	Contexte de ce projet de recherche.	29
2.1	Cercles de la méthodologie de la science de la conception.	34
2.2	Étapes de recherche en science de la conception.	35
3.1	Exemple d'échange avec l'ontologie e3-value.	45
3.2	Le cadre de référence de l'ontologie e-BMO.	47
3.3	Modèle REA.	49
3.4	Situation économique avant l'échange.	50
3.5	Situation économique après la vente	51
3.6	Situation économique après le paiement	52
3.7	Situation économique à la fin de l'échange.	53
3.8	L'approche BPM	58
4.1	Processus d'identification des services.	68
4.2	Chaîne de valeur du processus vente et distribution.	69
4.3	Patron d'échange REA	71
4.4	Le modèle REA du processus d'échange entre *Elmo* et *CookieMonster* du point de vue de l'entrepreneur *Elmo*.	72
4.5	L'identification des services d'échange du processus de vente entre *Elmo* et *Cookie-Monster*.	73
4.6	Description des phases de collaboration selon ISO Open-edi	75
4.7	Processus d'identification des phases de collaboration.	78

5.1 Processus d'approvisionnement générique. 84

5.2 Chaîne de valeur du processus d'approvisionnement. 84

5.3 Modèle REA pour le processus d'approvisionnement. 85

5.4 Identification des services d'échanges pour le processus d'approvisionnement. 86

5.5 Identification de la phase actualisation/post-actualisation. 87

5.6 Identification des phases de *planification/identification* et de la phase *négociation.* 88

5.7 Patron *Contrat.* 90

5.8 Patron *Créance.* 91

5.9 Diagramme d'interfaces du service de gestion du contrat. 93

5.10 Diagramme de comportement des interfaces du service de gestion du contrat. 94

5.11 Diagramme des participants du service de gestion du contrat. 94

6.1 Applicabilité des questions. 104

6.2 Simplicité des questions. 106

6.3 Pertinence des questions. 108

6.4 Pertinence des services identifiés 117

6.5 Exactitude de la sémantique d'affaires des services. 119

6.6 Capacité d'automatiser le processus d'affaires avec les services. 121

A.2 Processus Vente & Distribution. 129

A.3 Processus Vente en ligne. 130

A.4 Processus Prêt bancaire. 131

A.5 Processus Service et maintenance. 132

LISTE DES TABLEAUX

Tableau		Page
5.1	Services extraits pour le processus d'approvisionnement	92
6.1	Classification des processus expérimentaux.	97
6.2	Codification des questions	99
6.3	Résultats de l'applicabilité des questions.	103
6.4	Résultats de l'expérimentation de la simplicité des questions.	105
6.5	Résultats de l'expérimentation sur la pertinence.	107
6.6	Codification des services identifiés	111
6.7	Évaluation de la pertinence des services.	116
6.8	Évaluation de l'exactitude de la sémantique d'affaires des services.	118
6.9	Résultats de l'évaluation de la capacité d'automatiser les processus avec les services	120
B.1	Analyse des messages à partir du modèle de processus « Approvisionnement »	134
B.2	Analyse des messages à partir du modèle de processus « Vente & Distribution »	135
B.3	Analyse des messages à partir du modèle de processus « Vente en ligne »	136
B.4	Analyse des messages à partir du modèle de processus « Prêt bancaire »	138
B.5	Analyse des messages à partir du modèle de processus « Service et maintenance »	139
C.1	Questions à évaluer	140
C.1	Questionnaire générique (selon un processus P) pour évaluer les questions utilisées par la méthode	141

D.2 Questionnaire pour évaluer les services identifiés par processus d'affaires : Processus « Approvisionnement » 143

D.3 Questionnaire pour évaluer les services identifiés par processus d'affaires : Processus « Vente & Distribution» 144

D.4 Questionnaire pour évaluer les services identifiés par processus d'affaires : Processus « Vente en ligne » 146

D.5 Questionnaire pour évaluer les services identifiés par processus d'affaires : Processus « Prêt bancaire ». 147

D.6 Questionnaire pour évaluer les services identifiés par processus d'affaires : Processus «Service et maintenance». 149

LISTE DES ABRÉVIATIONS

BPMN	Business Process Model and Notation
BPM	Business Process Management
BPMS	Business Process Managament Suite
ERP	Enterprise Resource Planning
EPC	Event-driven Process Chain
MDA	Model Driven Architecture
OMG	Object Management Group
SOA	Service-Oriented Architecture
SI	Systèmes d'information
UML	Unified Modeling Language
TI	Technologie de l'information
GQM	Goal, Question, Metric
UMM	UN/CEFACT Modelling Methodology
EBXML	Electronic Business using eXtensible Markup Language
REA	Resource Event Agent

RÉSUMÉ

L'architecture orientée-service, connue sous l'acronyme (SOA), est un style d'architecture qui a évolué rapidement et qui permet d'implanter facilement des solutions dynamiques de commerce électronique. SOA a été largement adoptée par les organisations modernes pour concevoir et mettre en œuvre des systèmes d'information qui soutiennent leurs processus d'affaires. Les avantages de l'utilisation de SOA comprennent la réutilisation, l'implantation dirigée par les modèles, la composition de services, l'intégration améliorée grâce à la normalisation et la gestion des processus d'affaires. Ce projet de recherche propose une nouvelle méthode pour identifier les services SOA à partir de modèles de processus d'affaires exprimés avec le langage BPMN. Dans ce travail, nous présentons les principes qui guident cette approche et décrivons les étapes de son exécution. Nous avons testé notre approche sur un ensemble de processus sélectionnés à partir de la littérature sur les progiciels de gestion intégrée. Les résultats ont démontré la faisabilité technique et la cohérence conceptuelle de notre approche.

Mots clés : Processus d'affaires, SOA, BPMN, Ontologie d'affaires, Transformation de modèle, Patrons d'affaires.

ABSTRACT

Service-oriented architecture (SOA) is a fast emerging architectural style to implement dynamic e-business solutions. It has been widely adopted by modern organizations to design and implement IT solutions that support their business processes. Benefits of using SOA include reuse, model-driven implementation, service composition, better integration through standardization, and business process management. This research project proposes a new model-driven development method for identifying SOA services from business process models that are expressed in BPMN. In this work, we present the principles that guide this approach and describe the stages of its execution. We tested our approach on a set of business processes selected from the Enterprise Resource Planning literature. The results showed the computational feasibility and the conceptual soundness of the approach.

Key words: Business Process, SOA, BPMN, Business Ontology, Model Transformation, Business Pattern.

INTRODUCTION

0.1 Contexte de recherche

Au cours des dernières décennies, les organisations contemporaines ont délaissé les structures traditionnelles par fonction pour les remplacer par des nouvelles structures basées sur les processus d'affaires (Boubaker et al., 2017). Ce changement de paradigme donne aux processus d'affaires un statut privilégié qui les catégorise parmi les actifs les plus importants pour les organisations d'aujourd'hui (Boubaker et al., 2017). En effet, les processus d'affaires permettent d'avoir une vue d'ensemble des activités de l'entreprise (Garvin, 1998).

Pour supporter ces processus, ces organisations sont enclines à mettre en place des systèmes d'information (SI) (Leshob et al., 2017). Selon Ross et al. (2006), la mise en œuvre des SI permet d'automatiser les processus d'affaires afin d'optimiser les activités de l'organisation et ainsi se prévaloir d'un avantage concurrentiel.

Des études empiriques ont démontré que les organisations qui réussissent à aligner les processus d'affaires et les SI sont plus performantes (Chan et Reich, 2007). Selon Luftman et Ben-Zvi (2010), cet alignement est l'un des aspects les plus importants de la gouvernance des technologies de l'information (TI), car l'une des préoccupations majeures des dirigeants d'entreprises et des gestionnaires en TI est de s'assurer que les investissements en TI contribuent à la création de la valeur et à l'accroissement de la performance organisationnelle.

Dans ce projet de recherche, nous allons proposer une nouvelle méthode pour simplifier la démarche de conception des SI à partir de modèle de processus d'affaires. Nous souhaitons ainsi réduire l'écart entre les processus d'affaires et les systèmes d'information qui les soutiennent. Par ce projet, nous voulons aussi

exploiter le progrès réalisé dans le domaine de la conception des SI qui repose de plus en plus sur des architectures flexibles et modulaires. Ce virage permet d'adapter les SI aux besoins et de les entretenir efficacement et rapidement. L'architecture orientée-service (SOA, de l'anglais *Service-Oriented architecture*) est un modèle d'architecture émergeant qui permet de décrire et de comprendre les organisations, les communautés d'affaires ainsi que les systèmes, afin de maximiser l'agilité, l'évolution et l'interopérabilité (OMG, 2012).

Depuis ses débuts, SOA s'est affirmée comme une révolution dans la conception architecturale des logiciels, car elle permet aux organisations de bâtir des systèmes efficaces pour supporter leur processus. SOA offre plusieurs avantages, tels qu'une conception rapide et flexible, une réduction des coûts et un mode de développement simple des applications (Papazoglou et al., 2007).

Pour comprendre la clé de la réussite de SOA, il est important de saisir le sens et la signification de son bloc de construction le plus fondamental soit le « service » (Erl, 2007). En effet, le service est au cœur de l'architecture SOA, Joukhadar et Rabhi (2014) affirment que le recours au concept de « service » au sein des architectures SOA permet d'améliorer l'agilité et l'efficacité des SI. Selon Andersson et al. (2009), les services sont considérés comme la pierre angulaire pour la modélisation des interactions intraorganisationnelles et interorganisationnelles entre les SI.

Dans cette optique, nous devons comprendre le concept que représente le service SOA. Selon Laskey et Laskey (2009), le service SOA est un artefact TI qui fournit à l'utilisateur l'accessibilité aux fonctionnalités pour atteindre un objectif d'affaires. En d'autres mots, un service SOA est une composante autonome d'un SI, qui sert à supporter une ou plusieurs activités d'un processus d'affaires (De Castro et al., 2012). Dans le reste de ce document, nous emploierons le terme « service » pour désigner un service SOA.

Selon Bianchini et al. (2014), l'identification des *services* est une étape cruciale dans le processus de conception des SI qui soutiennent les processus d'affaires des organisations. Selon De Castro et al. (2009) et Delgado et al. (2010a), l'identification des services SOA est importante, car elle facilite la tâche aux architectes lors de la phase de conception de SI modernes et flexibles.

Dans ce projet de recherche, nous proposons une nouvelle méthode qui permet d'identifier des services SOA à partir de modèles de processus d'affaires exprimés avec la notation graphique (BPMN, de l'anglais *Business Process Modeling Notation*) (OMG, 2011). Notre méthode répond aux lacunes des approches existantes et présente deux avantages : (i) elle est générique, car elle s'applique à des processus d'affaires provenant de différents domaines d'affaires et (ii) elle facile à appliquer par des utilisateurs qui n'ont pas nécessairement des connaissances techniques en SOA.

0.2 Contribution théorique et pratique

La contribution théorique de notre recherche consiste principalement à l'élaboration d'une nouvelle méthode d'identification des services SOA à partir de modèles de processus d'affaires exprimés en BPMN (OMG, 2011). La réalisation de ce travail de recherche comblera l'absence dans la littérature scientifique d'une méthode simple et facile à utiliser pour identifier les services SOA à partir de modèles de processus d'affaires. Par le fait même, nous contribuerons à enrichir le débat scientifique sur les méthodes d'identification des services à partir d'un modèle de processus d'affaires afin de concevoir des SI qui soutiennent ces processus. De plus, notre approche pourra être étendue ou être réutilisée pour résoudre d'autres problématiques reliées à la conception des SI à partir des processus d'affaires.

Sur le plan pratique, notre méthode d'identification des services SOA à partir de modèles de processus d'affaires permet de résoudre les lacunes des approches existantes. En effet, notre méthode est facile à utiliser, car elle est destinée à des utilisateurs qui n'ont pas nécessairement des connaissances techniques en TI. De plus,

son intrant principal est un modèle de processus d'affaires en BPMN. BPMN est une notation graphique simple à utiliser qui est largement adoptée par la communauté des TI (OMG, 2011).

À travers cette méthode, nous allons libérer les analystes d'affaires, les spécialistes en gestion de processus d'affaires et les architectes en TI des tâches fastidieuses et sujettes aux erreurs afin qu'ils se concentrent sur les tâches créatives et intellectuellement stimulantes où ils ajoutent le plus de valeur.

Une fois que les services SOA sont identifiés par notre méthode, ils seront spécifiés et élaborés pour être utilisés par différentes approches de conception de SI pour automatiser les processus d'affaires. Les services conçus et prêts à l'emploi pourront être utilisés pour bâtir des SI dans une architecture SOA, ou être associés à des activités de processus selon une approche de gestion de processus d'affaires (BPM, de l'anglais *Busines Process Management*).

En outre, cette approche pourrait être utilisée par les fournisseurs d'outils en TI, notamment les fournisseurs d'outils de modélisation de processus et ceux des suites de gestion d'applications de type flux de travail (*workflow*) (BPMS, de l'anglais *Business Process Management Systems,*), afin qu'ils puissent offrir des fonctionnalités avancées et aider les organisations à améliorer leur productivité par l'automatisation de leurs processus.

Finalement, notons que ce projet, qui a récemment fait l'objet d'une publication dans une prestigieuse conférence internationale (Blal et Leshob, 2017), s'inscrit dans le cadre d'un programme de recherche plus large qui s'intéresse à réduire l'écart entre les objectifs d'affaires, les processus d'affaires et les SI, selon une approche descendante (top-down) (voir la figure 0.1). Ce projet est financé par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG).

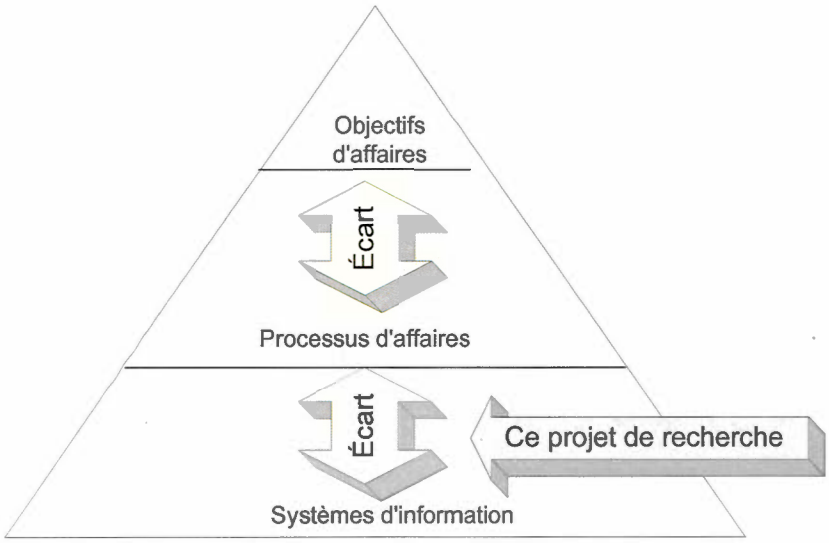

Figure 0.1 Le contexte de ce projet de recherche.

0.3 Approche méthodologique

La démarche méthodologique choisie pour mener ce projet est celle de la science de la conception (Peffers et al., 2007). Cette démarche permet de répondre à des questions reliées à des problèmes pertinents à travers la création d'artefacts innovants (Hevner et Chatterjee, 2010). La science de la conception est considérée comme un paradigme important pour la recherche en TI. Son degré d'acceptation est en progrès constant depuis son apparition grâce à une croissance remarquée de son taux d'adoption par les chercheurs (Hevner et Chatterjee, 2010). Le détail de la démarche de la science de la conception est expliqué au chapitre 2.

0.4 Structure du document

Dans ce chapitre, nous avons introduit le contexte de notre projet de recherche ainsi que l'ensemble des éléments qui l'entourent. Cette introduction a permis de comprendre les raisons qui motivent notre choix de sujet de recherche. Nous avons expliqué notamment, l'importance d'aligner les SI avec les processus d'affaires. Nous avons introduit la notion de service, car c'est un élément important pour concevoir les

SI qui soutiennent les processus d'affaires de l'organisation. Nous avons souligné l'importance d'identifier des services pertinents pour faciliter la conception et la mise en œuvre des SI.

La suite du document est organisée comme suit :

Dans le chapitre suivant, nous allons expliquer la problématique de recherche de ce projet, définir sa portée et identifier ses objectifs. Le chapitre 2 décrit l'approche méthodologique de recherche alors que le chapitre 3 dresse l'état de la connaissance et explore les différents concepts théoriques rattachés au sujet de recherche. Au chapitre 4, nous expliquons notre approche ainsi que la démarche de conception de l'artefact. Au chapitre 5, nous présentons une démonstration de notre approche à travers un exemple d'application de notre méthode à un processus d'affaires générique. Au chapitre 6, nous montrons comment nous avons évalué notre méthode et nous présentons les résultats des expérimentations menées. Finalement, nous concluons par un survol des travaux futurs.

CHAPITRE I

PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS DE RECHERCHE

Dans le présent chapitre, nous allons aborder la première étape de notre démarche de recherche en science de la conception (Peffers et al., 2007) qui consiste à identifier la problématique de recherche. Ensuite, nous formulerons les questions et les objectifs de la recherche. Finalement, nous allons définir la portée du projet de recherche.

1.1 Présentation de la problématique de recherche

La première activité de recherche en science de la conception est d'expliquer le problème initial avec précision afin de justifier son importance et d'étudier ses causes sous-jacentes (Johannesson et Perjons, 2014d). La compréhension du problème permet d'amorcer l'activité de conception de l'artefact pour trouver une solution (Johannesson et Perjons, 2014d).

1.1.1 Défis de l'identification de services à partir de modèles de processus d'affaires

Les nouvelles structures organisationnelles ont hissé les processus d'affaires parmi les actifs les plus importants pour une organisation contemporaine. Selon Boubaker et al. (2014), les organisations tiennent absolument à produire des modèles de leur processus d'affaires, car c'est l'un des moyens les plus efficaces utilisés pour décrire et documenter ces processus. La modélisation des processus d'affaires est une activité importante pour la conception, la planification et l'analyse de systèmes d'information

qui soutiennent les processus de l'organisation (Leshob et al., 2014). D'ailleurs, les méthodes de conception des SI, par exemple l'approche BPM (Dumas et al., 2013) ou celle des progiciels de gestion intégrés (ERP, de l'anglais *Entreprise Ressource Planning*) (Magal et Word, 2011), utilisent les modèles de processus d'affaires comme intrant.

Selon Wiegers et Beatty (2013), malgré le progrès réalisé dans le domaine de la l'ingénierie logicielle, l'écart entre les processus d'affaires et les SI qui les soutiennent demeure important. Wiegers et Beatty (2013) ajoutent que cette situation est due à divers problèmes de mise en œuvre tels que la qualité décevante des livrables, les délais de livraison non respectés et les coûts qui sont souvent plus élevés que prévu. De plus, les méthodes actuelles de conception et de développement des SI nécessitent de vastes quantités de connaissances et de compétences techniques (Leshob et al., 2017). Elvesæter et al. (2013) confirment que les méthodes de conception des SI à partir de modèles de processus d'affaires nécessitent souvent des des outils complexes et l'intervention d'experts en ingénierie logicielle.

Néanmoins, l'avènement de l'architecture SOA a contribué grandement à l'amélioration du processus de conception des SI en offrant des avantages, tels que la rapidité de conception, la réduction des coûts et la simplification du mode de développement des applications (Papazoglou et al., 2007). Avec l'approche SOA, la notion de service constitue un élément clé pour la conception et la mise en œuvre des SI et contribue essentiellement à l'agilité du processus de développement (Bianchini et al., 2014). Selon Elvesæter et al. (2010), le concept TI le plus proche du modèle de processus d'affaires est celui de service.

Andersson et al. (2009) confirment que la recherche dans le domaine de la conception des SI est concentrée sur la coordination et le développement des normes d'échanges de messages entre différents SI. Andersson et al. (2009) estiment qu'il est plus important de canaliser la recherche sur l'élaboration de nouvelles approches qui permettent aux entreprises d'identifier les services pertinents et de les rendre

disponibles pour supporter leurs processus d'affaires. Dans ce sens, la problématique à laquelle fait face ce projet de recherche est d'élaborer une nouvelle méthode simple à utiliser qui permet l'identification des services SOA à partir d'un modèle de processus d'affaires. La Figure 1.1 illustre le contexte de ce projet de recherche.

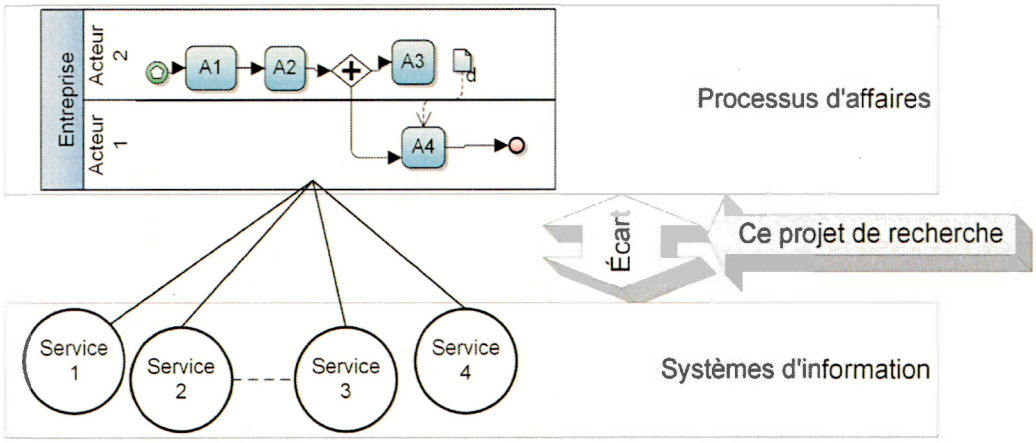

Figure 1.1 Contexte de ce projet de recherche.

1.1.2 Problématique de recherche

L'idée de concevoir et développer des SI à partir des processus d'affaires n'est pas nouvelle. Les éditeurs de progiciels ERP, comme SAP ou Oracle, utilisent des processus d'affaires et des solutions préconstruites qui les soutiennent. Leur approche se base sur un cadre de travail complexe et nécessite l'intervention d'un expert qualifié pour adapter les solutions aux besoins spécifiques de chaque organisation (Huq et Martin, 2006).

La littérature sur les méthodes d'identification des services SOA est abondante. Certains chercheurs incluant Andersson et al. (2009); De Castro et al. (2009); Delgado et al. (2010a); Elvesæter et al. (2010); Tharaka et Jelena (2015); et Weigand et al. (2009), ont proposé des approches qui utilisent comme point de départ, soit des modèles d'affaires ou des modèles de processus d'affaires pour identifier des services. Toutefois, les méthodes proposées par ces travaux demeurent difficiles à

utiliser, car elles nécessitent des connaissances techniques spécifiques pour pouvoir automatiser le processus d'affaires. Certaines de ces méthodes se limitent à l'utilisation de quelques fragments de modèles de processus d'affaires. De plus, les techniques de transformations de modèles focalisent sur les aspects techniques de conception de la solution et négligent la logique d'affaires reliée au processus d'affaires à automatiser.

Le problème de cette recherche est l'absence d'une méthode générique, simple et facile à utiliser pour identifier les services à partir des modèles de processus d'affaires. À travers ce projet de recherche, nous souhaitons trouver une solution pour pallier aux lacunes des méthodes existantes. De plus, la méthode proposée doit s'appliquer de façon générique à des processus provenant de domaines d'affaires variés.

1.2 Questions et objectifs de recherche

La question générale abordée par ce projet de recherche est la suivante :

Comment identifier les services à partir de modèles de processus d'affaires en utilisant une méthode générique, simple et facile à utiliser ?

Pour simplifier les étapes de résolution du problème de recherche, nous avons défini les sous-questions suivantes :

1. Quelle approche devrions-nous prendre pour s'assurer que la méthode soit applicable de façon générique à des processus provenant de diffèrent domaines d'affaires?
2. Quelles seront les étapes à accomplir dans le processus d'identification des services à partir d'un modèle de processus d'affaires?
3. Comment élaborer une approche simple et facile à utiliser par une ressource qui n'a pas nécessairement des connaissances techniques en SOA?

Rappelons que notre objectif de recherche principal est de réduire l'écart entre les processus d'affaires et les SI à travers une méthode d'identification des services. Conséquemment, nous avons défini trois sous-objectifs qui permettront de répondre au problème de recherche :

1. Concevoir une méthode pour l'identification des services qui s'applique de façon générique à des processus d'affaires provenant de différents domaines d'affaires.
2. Concevoir une méthode simple et facile à utiliser par des utilisateurs qui ne possèdent pas nécessairement des connaissances techniques en SOA.

1.3 Portée de ce projet de recherche

La portée de ce projet se limite à l'identification des services en utilisant un modèle de processus d'affaires qui sera exprimé en BPMN (OMG, 2011). Nous avons choisi la norme de notation BPMN pour représenter les processus d'affaires, car c'est un langage facile à utiliser et qui est largement adopté par la communauté des TI.

L'approche dans ce projet de recherche s'applique de façon générique à des processus provenant de différents domaines d'affaires. Les processus d'affaires peuvent soutenir soit des échanges de ressources (e.g. le processus de vente ou d'achat de produits et services) ou leur transformation (e.g. le processus de production). Ce projet traite seulement les processus d'échange. Les processus de conversion (c.-à-d. les processus de transformation de ressources) sont exclus de la portée de ce projet et seront traités dans des travaux futurs. Les processus d'échange et de conversion seront expliqués avec plus de détails au chapitre 4.

Bien que nous ayons élaboré une preuve de concept pour démontrer la faisabilité de la spécification des services identifiés à l'aide du langage SoaML (Blal et Leshob, 2017), la portée de ce projet de recherche ne couvre pas la spécification des services. En effet, nous considérons que ce volet est important pour aboutir à la conception des

SI et compléter notre approche. Toutefois, cela demande des travaux de recherche approfondis. Notre projet est donc limité à l'étape de l'identification des services.

1.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la problématique d'identification des services à partir des modèles de processus d'affaires. Nous avons ensuite défini les questions et les objectifs de recherche. Finalement, nous avons expliqué la portée du projet. Dans le prochain chapitre, nous allons expliquer l'approche de la science de conception qui représente le cadre méthodologique pour mener cette recherche.

CHAPITRE II

CADRE MÉTHODOLOGIQUE

Les chercheurs dans le domaine des TI ont utilisé au fil des années une multitude de méthodologies de recherche. Durant les dernières années, la méthodologie de la science de la conception (*Design Science)* gagne de plus en plus de popularité auprès de cette communauté. Dans ce chapitre, nous allons expliquer notre choix de ce cadre méthodologique de recherche, ensuite nous allons présenter ses principes et développer chacune des étapes nécessaires à la réalisation de la présente recherche.

2.1 Type de recherche

Peffers et al. (2007) ont expliqué que le domaine des TI est une science appliquée à caractère technique qui met en pratique des théories provenant d'autres disciplines telles que l'économie et la science sociale. Le paradigme de la science de la conception prend ses sources de l'ingénierie. La méthodologie de la science de conception permet de résoudre des problèmes à travers l'analyse, la conception et l'implantation d'une solution. La conception consiste à une séquence d'activités qui sert à produire un artefact (Hevner et al., 2004). Dans ce sens, la méthodologie de la science de conception serait appropriée à notre projet de recherche qui vise à concevoir une méthode d'identification des services SOA à partir d'un modèle de processus d'affaires en BPMN.

Hevner (2007) a expliqué que la recherche en science de la conception exploite trois cercles (voir la figure 2.1). Au centre, on retrouve le cercle de la conception (c.-à-d. *design*) qui supporte les activités de la conception de l'artefact, de sa validation et de

son évaluation. Le cercle de rigueur permet de s'arrimer aux théories de base du domaine de connaissance relié au projet. Le cercle de la pertinence permet de tisser le lien avec les exigences et le contexte du projet. Les cercles décrits par Hevner (2007) sont arrimés avec les principes de base de la science de la conception établis par Hevner et al. (2004).

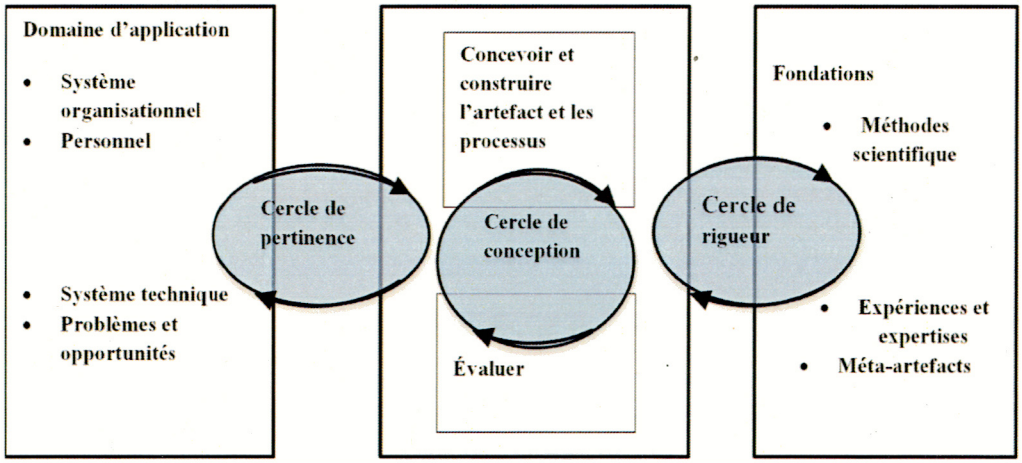

Figure 2.1 Cercles de la méthodologie de la science de la conception. (Source : Hevner (2007))

D'ailleurs, Hevner et al. (2004) ont précisé que la présence d'un artefact caractérise la méthodologie de la science de la conception. Cette méthodologie permet de créer et d'évaluer des artefacts destinés à résoudre les problèmes. Cet artefact sera développé à même le processus de recherche. Hevner et al. (2004) ont ajouté que l'évaluation de cet artefact devrait suivre le même niveau de rigueur que sa conception.

2.2 Étapes de la méthode de recherche

Peffers et al. (2007) présentent une méthodologie pour appliquer les principes de la science de la conception. Cette méthodologie est développée à partir des principes généraux évoqués par Hevner et al. (2004).

La méthode de Peffers et al. (2007) se déroule en six activités illustrées dans la figure 2.2. La séquence des activités se déroule comme suit :

1. Identification de la problématique et la motivation.
2. Définition des objectifs pour une solution.
3. Conception de la méthode.
4. Démonstration.
5. Évaluation.
6. Communication.

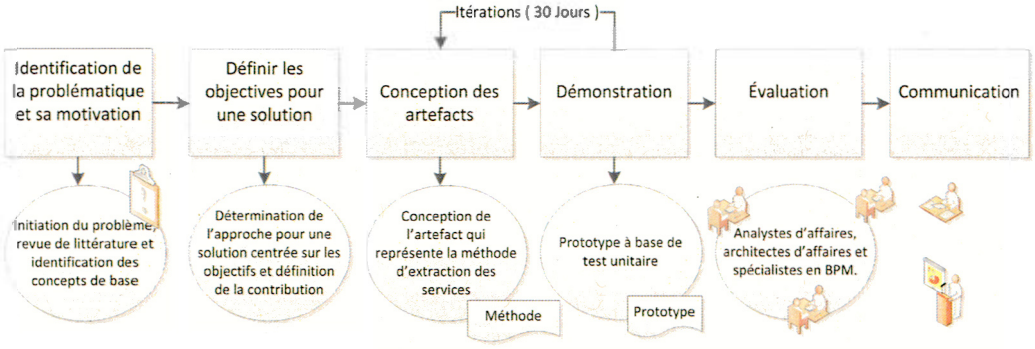

Figure 2.2 Étapes de recherche en science de la conception.

(Adaptée de Peffers et al. (2007))

2.2.1 Identification de la problématique et sa motivation

La première étape consiste à identifier et comprendre la problématique de la recherche, et à définir la valeur de la solution. Il est important de décortiquer la problématique de façon assez détaillée afin de saisir tous les aspects lors de la conception de la solution (Peffers et al., 2007).

Dès le début de ce document, nous avons expliqué le contexte du projet afin de ressortir l'importance d'aligner les processus d'affaires et les SI. Au chapitre 2, nous avons présenté notre problématique. Elle consiste à trouver comment élaborer une méthode d'identification des services à partir d'un modèle de processus d'affaires en BPMN. Cette méthode doit être générique et facile à utiliser. Les services identifiés

sont destinés à concevoir des systèmes qui soutiennent les processus affaires. L'identification et l'élaboration des services SOA à partir de modèle de processus d'affaires n'est pas un nouveau concept, plusieurs projets de recherche ont traité ce sujet, notamment les travaux des recherches dans (Andersson et al., 2009; De Castro et al., 2009; Delgado et al., 2010a; Elvesæter et al., 2010; Tharaka et Jelena, 2015; Weigand et al., 2009). La revue de littérature au chapitre 4 présente l'état de la connaissance sur le sujet et démontre les raisons pour lesquelles nous avons entamé ce travail de recherche ainsi que la nature de notre contribution.

2.2.2 Définition des objectifs de la solution

Basé sur la description de Peffers et al. (2007) des étapes de la méthodologie de recherche en science de la conception, nous avons franchi cette étape au chapitre précèdent en établissant les objectifs du projet de recherche à partir de la définition de la problématique de recherche et de la revue de l'état de connaissance. Ce projet prévoit d'élaborer une méthode pour l'identification des services à partir de modèles de processus d'affaires en BPMN. Notre objectif principal est de combler l'écart entre le processus d'affaires des organisations et les SI qui les soutiennent. Notre projet permettra ainsi, de simplifier les méthodes de conception des SI, d'améliorer la qualité des solutions et de réduire le coût et le cycle de leur mise en œuvre.

2.2.3 Conception et développement des artefacts

Le paradigme de recherche en science de la conception est basé sur certains principes, comme la création d'artefacts innovants. Chaque artefact prend la forme de construit, de modèle, de méthode, ou d'une instanciation (Hevner et al., 2004). Dans le cadre de notre projet de recherche, nous avons conçu une méthode pour identifier les services à partir de modèles de processus d'affaires en BPMN.

Au chapitre 5, nous présenterons l'approche qui nous avons adopté pour concevoir notre méthode d'identification des services à partir de modèle de processus d'affaires en BPMN.

2.2.4 Démonstration

L'activité de démonstration sert à démontrer l'utilisation de l'artefact dans un cas pour vérifier sa faisabilité (Johannesson et Perjons, 2014a). Cette activité a pour but d'illustrer l'utilité de l'artefact pour résoudre le problème soulevé (Peffers et al., 2007).

Pour démontrer notre approche, nous avons appliqué notre méthode dans un contexte de processus d'approvisionnement. Au chapitre 6, nous allons présenter cet exemple.

2.2.5 Évaluation

L'étape d'évaluation détermine dans quelle mesure l'artefact est capable de résoudre le problème énoncé (Johannesson et Perjons, 2014c). Elle sert ainsi à mesurer la réussite de la solution. Cela implique la comparaison des résultats observés versus ceux souhaités (Peffers et al., 2007).

En cette étape, nous avons utilisé l'approche d'expérimentations But, Question, Mesure (GQM, de l'anglais *Goal, Question, Metric*) (Basili et Rombach, 1988). L'évaluation a été réalisée dans le contexte de cinq processus génériques sélectionnés et avec la participation d'experts provenant de différents domaines d'affaires.

Les résultats et commentaires recueillis sont analysés pour tirer des conclusions. Le chapitre 7 explique cette démarche en détail.

2.2.6 Communication

Cette étape consiste à communiquer la nature du problème et l'originalité de la solution (Peffers et al., 2007).

Notre approche a fait l'objet de plusieurs initiatives de communication pour expliquer la nature du projet et présenter l'artefact ainsi que les résultats de l'évaluation. Dans un premier lieu, nous avons participé au forum numérique de l'Université du Québec À Montréal afin de communiquer, à la communauté universitaire, la problématique adressée par notre projet de recherche, expliquer notre approche et identifier les défis que nous avons rencontrés lors du déroulement du projet.

Ultérieurement, un article scientifique (Blal et Leshob, 2017) a été publié lors de l'édition 2017 de la prestigieuse conférence internationale « *ICEBE* » (*The IEEE International Conference on e-Business Engineering*). L'article explique l'approche et expose les derniers résultats obtenus lors de la validation de cette dernière (Blal et Leshob, 2017) (voir appendice E).

2.3 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons expliqué les principes et les étapes de la méthodologie de la science de la conception. Le prochain chapitre sera consacré à présenter notre revue de l'état de la connaissance constitué des différents travaux de recherche à propos de l'identification des services ainsi que des concepts reliés à notre sujet de recherche.

CHAPITRE III

REVUE DE LITTÉRATURE

La revue de la littérature représente une activité importante au cours d'un projet de recherche, car elle permet de faire le constat de l'état actuel de la connaissance à propos du sujet de recherche. Cet exercice permet ainsi d'identifier et de comprendre les différents concepts du domaine de recherche.

Dans ce chapitre, nous allons explorer les concepts clés reliés au sujet d'identification des services SOA à partir de modèles de processus d'affaires. Nous allons expliquer les concepts reliés aux modèles de processus d'affaires, aux modèles d'affaires et au style architectural SOA. Finalement, nous présenterons les travaux de recherches qui traitent de l'identification des services SOA à partir de modèles d'affaires et de modèles de processus d'affaires.

3.1 Modélisation d'affaires et de processus d'affaires

Selon Andersson et al. (2009), les modèles d'affaires et les modèles de processus font partie d'une chaîne de modèles qui ont des objectifs distincts et qui décrivent différents aspects de l'organisation. Les modèles d'affaires donnent une vue d'ensemble sur les activités qui se déroulent dans et entre les organisations en identifiant les agents, les ressources et l'échange de ressources entre ces agents. Ainsi, un modèle d'affaires se concentre sur le « quoi » d'une entreprise, tandis que les modèles de processus d'affaires se concentrent sur le « comment », car ils traitent des aspects opérationnels (Andersson et al., 2009). Andersson et al. (2009)

expliquent qu'un processus d'affaires doit être justifié et soutenu par des contraintes d'affaires, ce qui le distingue du modèle du processus d'affaires.

3.1.1 Modélisation de processus d'affaires

La modélisation de processus d'affaires vise à présenter le processus sous forme de modèle, dans le but de le communiquer, de l'analyser et de le mettre en œuvre (Boubaker, 2016).

3.1.1.1 Processus d'affaires

Selon Curtis et al. (1992), un processus d'affaires est un ensemble d'étapes réalisées par un ou plusieurs agents afin d'accomplir un objectif spécifique pour lequel le processus a été conçu. Pour Garvin (1998), un processus d'affaires est un enchaînement organisé et coordonné d'activités d'un système de travail pour réaliser un extrant matériel ou non matériel et qui ajoute de la valeur pour répondre aux besoins de clients externes en utilisant des ressources productives. Selon Hammer et Champy (2009), un processus d'affaires est une série d'activités qui prennent une ou plusieurs entrées et qui produisent un résultat ayant une valeur pour le client.

Leshob (2013) soutient qu'un processus d'affaires est :

> « un ensemble d'activités ordonnées et reliées. Ces activités consomment et produisent des ressources. Elles sont accomplies par des acteurs qui remplissent différents rôles dans le contexte d'une organisation effectuant des fonctions d'affaires ». (p.12).

3.1.1.2 Modèle de processus d'affaires

Selon Eriksson et Penker (2000), un modèle est une vue simplifiée d'une réalité complexe. La modélisation du processus d'affaires sert principalement à décrire, à analyser et à implanter ces processus (Ould et Ould, 1995). Selon Curtis et al. (1992), un modèle de processus d'affaires est une description abstraite d'un processus pour représenter les éléments considérés importants par rapport à l'objectif du modèle.

Pour Eriksson et Penker (2000), la représentation du processus d'affaires consiste à créer des abstractions en éliminant les détails non pertinents afin de mettre l'accent sur les aspects les plus importants. La modélisation des processus d'affaires permet donc de décrire et de communiquer la réalité du processus.

Les organisations documentent leurs processus d'affaires sous forme de modèles, afin de pouvoir les analyser et les améliorer (Ould et Ould, 1995). Leshob (2013) confirme que pour comprendre l'utilité d'un SI, il faut le mettre dans le contexte du processus d'affaires qu'il doit supporter. Phalp et Shepperd (2000) considèrent que la modélisation des processus d'affaires permet l'identification des besoins d'affaires et la description du contexte d'utilisation d'un SI.

Pour produire les modèles de processus d'affaires, une variété de langages de modélisation est utilisée. Selon Curtis et al. (1992), un modèle de processus d'affaires doit faire ressortir les quatre vues suivantes :

1. Une vue fonctionnelle qui représente les dépendances fonctionnelles entre les éléments de processus (c.-à-d. activités, sous-processus, etc.). Ces dépendances sont reliées à la production et la consommation de ressources produites par les éléments du processus.
2. La vue dynamique (ou comportementale) qui fournit des informations sur la séquence des activités du processus d'affaires et sur ses éléments de contrôle. Cette vue s'intéresse principalement à quand et comment les activités sont exécutées.
3. La vue informationnelle représente la description structurelle des entités produites, consommées ou manipulées par les activités du processus d'affaires.
4. La vue organisationnelle décrit la structure organisationnelle, les rôles et les mécanismes de communication au sein des organisations.

Mili et al. (2010) catégorisent les langages de modélisation des processus d'affaires en quatre grandes familles : (i) langages traditionnels, (ii) langages orientés-objet, (iii) langages d'intégration de processus et (iv) les langages dynamiques.

Selon Leshob (2013), les langages traditionnels sont nés à partir des courants de modélisation en réingénierie des processus. Par exemple, la famille IDEF *(Integration DEFinition)* est créée dans le cadre du projet ICAM (*Integrated Computer Aided Manufacturing*) par l'U.S. Air Force en 1970. Cette famille comporte une série de langages destinés à modéliser différentes vues du processus. Selon Leshob (2013),

> « IDEF0 est créée principalement pour la modélisation fonctionnelle. [...] IDEF1 modélise la vue informationnelle qui expose les entités du système ainsi que les relations entre elles. [...] IDEF3 modélise la vue dynamique en décrivant la séquence des étapes du processus ainsi que les contraintes qui les sous-tendent et les événements du système avec une prise en compte de l'aspect temporel ». (p.14).

Selon Mili et al. (2010), le langage EPC (*Event-Driven Process Chains*) est un langage traditionnel. EPC a été développé en 1992 par l'Institut des systèmes d'information de l'université de Saarland en Allemagne. Il est notamment utilisé par la suite logicielle ARIS (*Architecture of Integrated Information Systems*) (Scheer, 1992) et la suite de progiciel SAP (Ko et al., 2009). Selon Leshob (2013), EPC offre une notation graphique à base de connecteurs logiques qui est facile à comprendre par un analyste d'affaires.

Le langage UML (*Unified Modeling Language*) a été enrichi, lors de la publication de la version 2.0, avec des notations de composition, d'agrégation comportementale et structurelle ainsi que de plusieurs autres concepts de bas niveau (OMG, 2005). UML2 est un langage de modélisation orientée-objet qui couvre largement la vue dynamique, la vue fonctionnelle et la vue informationnelle (Leshob, 2013b).

Les langages d'intégration de processus sont apparus avec l'avènement du commerce électronique et la nécessité de collaboration entre les entreprises. Intoduit en 2001, le langage d'intégration de processus ebXML (*Electronic Business using eXtensible*

Markup Language) (OASIS et UN/CEFACT, 2001) permet à des entreprises de tailles et vocations variées de collaborer entre elles (Leshob, 2013b). Selon Mili et al. (2010), ebXML couvre adéquatement la vue comportementale, mais partiellement la vue informationnelle.

Selon Mili et al. (2010), la famille des langages dynamiques met l'accent sur la vue comportementale. Ces langages permettent de mettre en œuvre le processus d'affaires, l'exécuter et offrent un format de sérialisation pour les échanges (Mili et al., 2010). À titre d'exemple, nous allons présenter dans cette section deux exemples de langages dynamiques les plus courants : BPEL et BPMN.

En mai 2003, OASIS (*Organization for the Advancement of Structured Information Standard)* a introduit le langage BPEL4WS (*Business Process Executable Language For Web Services*). Selon Leshob (2013), BPEL4WS, devenu BPEL, est « un langage de modélisation de processus d'affaires dans le contexte des services Web qui permet de modéliser des processus exécutables et abstraits ».

BPEL est le fruit de la collaboration de deux grands éditeurs de solutions logicielles (IBM et Microsoft) et permet d'intégrer et de normaliser les langages WSFL (*Web Services Flow Language*) et XLAN (*XML LANGuage*) (Leshob, 2013b).

Le langage graphique BPMN a été présenté en mai 2004 par le consortium BPMI (*Business Process Management Initiative)* qui a fusionné avec l'OMG en 2005. Leshob (2013) explique qu'« avec BPMN, OMG vise à combler le vide entre les technologies de l'information et les analystes d'affaires en présentant une notation graphique simple et facile à assimiler par des utilisateurs ayant moins de connaissances techniques ». De plus, la spécification du langage BPMN permet de représenter un processus d'affaires par plusieurs variantes de modèles selon différents niveaux de granularité : le niveau descriptif, le niveau analytique et le niveau exécutable (OMG, 2011).

Selon Boubaker et al. (2017), le modèle de processus d'affaires

> « est le moyen pour décrire l'ensemble des actions à effectuer, leur séquence et leurs acteurs [...]. Par conséquent, l'objectif de ce modèle est de faire ressortir les activités du processus sous leurs aspects opérationnels et dynamiques. Cependant, la raison d'être de ces activités n'est pas explicitement modélisée. Cet aspect est couvert par un autre type de modélisation soit la modélisation d'affaires ».

Dans la section suivante, nous allons expliquer la notion du modèle d'affaires, présenter différentes ontologies d'affaires et expliquer leur rôle.

3.1.2 Modélisation d'affaires et ontologies d'affaires

Selon Boubaker et al. (2017), un modèle d'affaires est une vue centrée sur les ressources économiques, les agents économiques et les activités à valeur ajoutée. Andersson et al. (2006) affirment que le modèle d'affaires est créé afin d'identifier les acteurs du processus et d'expliquer leurs relations formulées en termes d'échanges de valeurs. Andersson et al. (2006) expliquent que les ontologies d'affaires offrent un moyen efficace pour représenter les modèles d'affaires, car elles se concentrent sur l'échange, la création et la transformation des ressources.

Pour créer des modèles d'affaires basés sur la notion de valeur, nous avons recensé trois ontologies d'affaires largement reconnues dans la littérature : i) REA (*Resource Event Agent*) (Geerts et McCarthy, 2000), ii) e3-value (Gordijn et al., 2001) et iii) e-BMO (e-Business Model Ontology) (Osterwalder et Pigneur, 2002). Selon Andersson et al. (2011), ces ontologies fournissent une base adéquate et établie pour présenter des modèles d'affaires, car elles sont les plus complètes et les mieux définies.

3.1.2.1 L'ontologie e3-value

Introduite par Gordijn et al. (2001), l'ontologie e3-value vise à comprendre comment la valeur économique est créée et comment cette valeur est échangée au sein d'un réseau d'acteurs. Selon Andersson et al. (2006), l'ontologie e3-value vise à identifier les échanges de valeurs entre les acteurs et à analyser la rentabilité du processus.

L'ontologie e3-value contient un ensemble minimal de concepts et de relations (les acteurs, les objets de valeur, les ports de valeur, les interfaces de valeur, les activités de valeur et la valeur des échanges), ce qui la rend facile à apprendre par les utilisateurs (Andersson et al., 2006). L'ontologie e3-value permet de définir et d'analyser, de manière autant qualitative que quantitative, les relations, les scénarios et les exigences d'affaires entre plusieurs organisations (Gordijn et al., 2001).

Selon Leshob (2013), le but de l'ontologie e3-value est d'offrir une notation graphique qui permet d'évaluer le profit économique à partir du modèle. Elle propose une représentation graphique pour chacune des composantes. Par exemple, les scénarios d'affaires de l'ontologie e3-value sont représentés avec la notation « *Use Case Maps* » (Buhr et Casselman, 1996).

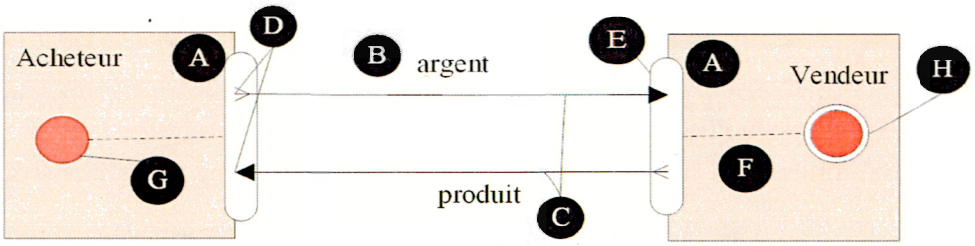

Figure 3.1 Exemple d'échange avec l'ontologie e3-value.
Source : Schuster et Motal (2009)

La figure 3.1 présente un exemple de modèle e3-value d'un processus d'échange. Dans ce modèle nous retrouvons les concepts clés de l'ontologie e3-value.

Schuster et Motal (2009) expliquent que les *acteurs,* représentés par les rectangles (A),

> « sont des entités économiques indépendantes qui s'engagent dans un processus d'échange de valeurs [...] qui est le résultat de l'échange des objets de valeur (B) (c.-à-d. bien physique, service, droit ou garantie) ».

Selon Schuster et Motal (2009), un *objet de valeur* (B)

> « est jumelé avec un *transfert de valeur* (C). Ce transfert est modélisé comme un lien entre les acteurs. [...] Les échanges entre les *acteurs* utilisent des *ports de valeurs* (D). Le concept de *port de valeur* signifie que *l'acteur* offre ou

> demande un *objet de valeur*. En outre, un *port de valeur* permet l'abstraction des processus d'affaires internes pour présenter comment les acteurs externes du modèle e3-value sont connectés. [...] les *ports de valeur* sont représentés par de petites flèches pointant dans la direction de *l'échange de valeur* ».

Schuster et Motal (2009) expliquent qu'« *une interface de valeur* (E) regroupe des *ports de valeur*. Chaque *acteur* peut avoir plusieurs *interfaces de valeur* contenant des *ports de valeur* pour offrir et demander des *objets de valeur*. »

Schuster et Motal (2009) ajoutent que

> « les *interfaces de valeur* regroupent les *objets de valeur* qu'un *acteur* est disposé à échanger contre d'autres *objets de valeur*. L'échange *d'objets de valeur* via une *interface de valeur* est atomique pour indiquer la réciprocité, c'est-à-dire soit tous les échanges se produisent comme spécifié par *l'interface de valeur* ou pas du tout ».

Le chemin de scénarios (F) et (G) consiste en un ou plusieurs segments liés par des éléments de connexion et des déclencheurs de démarrage et d'arrêt (Gordijn et al., 2001).

L'ontologie e3-value offre trois vues du modèle d'affaires : (i) une vue globale de l'acteur qui montre l'implication et les échanges conclus entre des acteurs, (ii) une vue détaillée de l'acteur qui montre les aspects de décomposition de la vue globale de l'acteur et (iii) une vue des activités des valeurs qui souligne les activités clés et les acteurs qui les exécutent (Leshob, 2013b).

3.1.2.2 L'ontologie e-BMO

Osterwalder et Pigneur (2002) ont proposé l'ontologie e-BMO dans le but de définir un cadre rigoureux qui fournit une compréhension commune des modèles d'affaires. Ce cadre perçoit le modèle d'affaires comme une architecture conceptuelle de l'entreprise et de son réseau de partenaires. Cette architecture permet la création et le transfert des valeurs et des capitaux afin de générer un revenu profitable et durable.

L'ontologie e-BMO permet de décrire le modèle d'affaires d'une entreprise avec précision, mettant en valeur son environnement et ses préoccupations pour faire face aux demandes d'un client particulier (Andersson et al., 2006).

La figure 3.2 illustre le cadre de référence de l'ontologie e-BMO (Osterwalder et Pigneur, 2002).

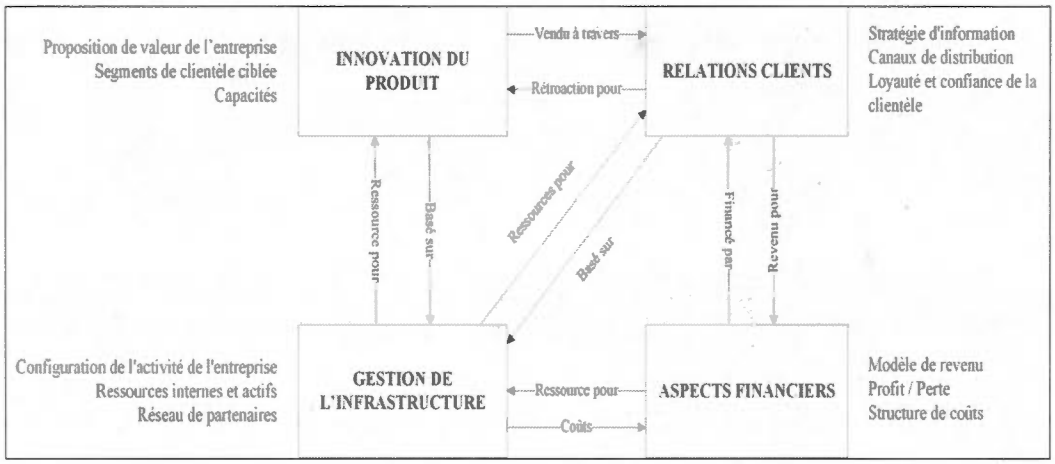

Figure 3.2 Le cadre de référence de l'ontologie e-BMO.

Source : Osterwalder et Pigneur (2002)

Le cadre de référence e-BMO se compose principalement de quatre piliers auxquels sont rattachés neuf concepts principaux (Osterwalder et Pigneur, 2002) :

1. Le pilier d'innovation du produit contient trois concepts qui sont (i) la proposition de valeur de l'entreprise, (ii) les segments de la clientèle ciblée par cette proposition et (iii) les capacités pour être en mesure de livrer cette valeur.
2. Le pilier de la gestion de l'infrastructure comprend (i) la configuration de l'activité de l'entreprise (en d'autres termes, les activités de création et de livraison de valeur), (ii) ses ressources internes et ses actifs ainsi que (iii) son réseau de partenaires.

3. Le pilier des relations clients qui permet aux entreprises de comprendre le client en définissant une stratégie d'information, d'exploiter les multiples canaux de distribution et de miser sur la loyauté et la confiance de la clientèle.
4. Le pilier des aspects financiers est transversal. Il contient trois concepts : (i) la structure de coûts qui représente en argent tous les moyens de l'entreprise, (ii) le modèle de revenu qui décrit la façon dont une entreprise gagne de l'argent grâce à une variété des flux de revenus et (iii) la notion de profit ou perte qui représente le résultat de l'application des deux autres concepts.

3.1.2.3 L'ontologie REA

L'ontologie REA (McCarthy, 1982) a été proposée par William E. McCarthy en tant que modèle générique pour repérer les phénomènes économiques qui se manifestent entre les organisations suite à l'analyse des transactions comptables. Ultérieurement, l'ontologie REA a évolué en tant qu'ontologie d'affaires (Geerts et McCarthy, 2000).

Selon Leshob (2013), l'ontologie REA

> « se base sur le principe suivant : si une entreprise veut accroître la valeur totale d'une ressource sous son contrôle, elle doit généralement diminuer la valeur de certaines de ses ressources. REA perçoit un processus d'affaires en tant que transfert ou transformation de ressources économiques ».

McCarthy (2004) modélise les phénomènes économiques en se basant sur trois concepts principaux (voir la figure 3.3) :

1. Les *ressources économiques*, qui sont des objets rares, utiles et sous le contrôle de l'entreprise (e.g. produit, service, argent, matière première, main-d'œuvre, etc.) (McCarthy, 1982).
2. Les *événements économiques,* qui surviennent lorsque des ressources économiques changent de valeur. Les ressources peuvent être *incrémentées* ou *décrémentées* suite à un échange, une création ou une transformation. Selon le

principe de la *dualité*, tout incrément d'une ressource économique doit s'accompagner d'un décrément d'une autre ressource économique. Par exemple, dans le contexte d'un processus de vente, l'activité de réception d'argent est un événement économique, car il incrémente la quantité de la ressource *argent*.

3. Finalement, les *agents économiques,* qui sont les acteurs qui ont le contrôle sur les ressources économiques.

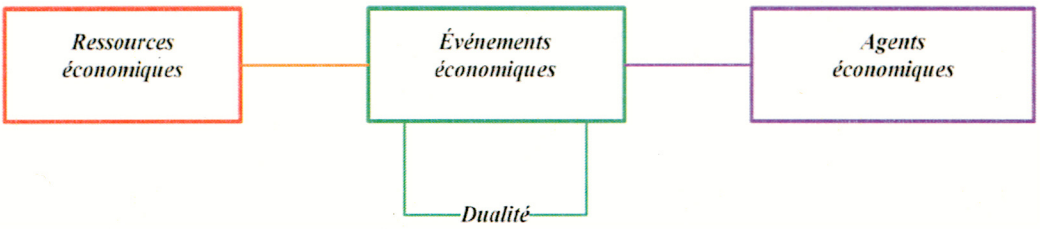

Figure 3.3 Modèle REA.

Source : McCarthy (2004)

La proposition de Geerts et McCarthy (2000) inclut trois postulats à la base de l'ontologie REA :

1. Chaque ressource économique identifiable est affectée par au moins un événement *d'incrément* et inversement par un autre événement de *décrément*.
2. Une relation de dualité lie tout événement qui effectue un décrément à un autre événement qui effectue un incrément.
3. Chaque échange implique des agents économiques internes ou externes à l'organisation.

REA permet de modéliser les processus en se basant sur la variation de la valeur des ressources économiques. En effet, selon Hruby (2006), dans REA, une entreprise peut augmenter ou diminuer la valeur de ses ressources via des échanges ou des conversions.

Dans un processus d'échange, l'entreprise reçoit des ressources économiques et en contrepartie fournit d'autres ressources. La conversion est un processus dans lequel une entreprise utilise ou consomme des ressources afin de produire de nouvelles ressources ou de modifier des ressources existantes (Hruby, 2006). À noter que notre projet de recherche porte uniquement sur les processus d'échanges. Lors de travaux futurs, nous avons l'intention d'étendre notre approche aux processus de conversion.

McCarthy (2004) illustre l'événement d'échange selon l'ontologie REA avec l'exemple du client *Cookie-Monster* et l'entrepreneur *Elmo*.

Figure 3.4 Situation économique avant l'échange.
Source : McCarthy (2004)

La figure 3.4 montre la situation économique avant le début du processus d'échange :

- *Cookie-Monster* est un agent économique qui possède la ressource économique « *Cash* ».
- L'entrepreneur *Elmo* est un agent économique qui possède la ressource économique « *Cookie* ».

Figure 3.5 Situation économique après la vente.
Source : McCarthy (2004)

La volonté de *Cookie-Monster* pour acheter un biscuit à l'entrepreneur *Elmo* déclenche le processus d'échange. *Elmo* entame le processus de vente du biscuit qui consiste en un transfert de la ressource *Cookie* d'*Elmo* vers *Cookie-Monster*. La figure 3.5 montre la situation économique après la vente. L'événement économique observé est comme suit :

- Du point de vue du vendeur (*Elmo)*, ce transfert engendre une diminution de la valeur de la ressource *Cookie;*
- Du point de vue de l'acheteur *Cookie-Monster*, ceci est une augmentation de la valeur de la ressource.

Figure 3.6 Situation économique après le paiement.
Source : McCarthy (2004)

Le processus de vente engendre par la suite le processus de paiement qui consiste en un transfert de la ressource *Cash* de *Cookie-Monster* vers *Elmo*. La figure 3.6 montre la situation économique après le paiement. La variation de la valeur des ressources forme l'événement économique observé qui se traduit comme suit :

- Du point de vue du vendeur *Elmo*, ce transfert engendre une augmentation de la ressource *Cash*
- Du point de vue de l'acheteur *Cookie-Monster,* ce transfert engendre une diminution de la ressource *Cash.*

Figure 3.7 Situation économique à la fin de l'échange.
Source : McCarthy (2004)

Le paiement complète ainsi le processus d'échange économique. La figure 3.7 illustre la situation à la fin de l'échange :

- *Cookie-Monster* possède maintenant la ressource économique « *Cookie* »
- L'entrepreneur *Elmo* possède en contrepartie la ressource économique « *Cash* ».

En conclusion, l'échange dans REA consiste en un événement *d'incrément* (c.-à-d. réception du *Cash*), associé à un événement de *décrément* (c.-à-d. vente), dans une relation de *dualité*. Chaque événement *d'incrément* peut être relié *à un ou plusieurs* événements de *décrément* et *inversement* (Leshob et al., 2017).

Avec cet exemple, nous pouvons constater la simplicité des concepts de REA pour représenter et expliquer les phénomènes économiques. Selon Leshob et al. (2017), l'ontologie REA est simple et elle couvre le concept d'échange et de transformation de ressources. De plus, les modèles REA offrent une meilleure sémantique pour la compréhension des processus d'affaires (Hruby, 2006).

3.1.2.4 Le choix d'une ontologie d'affaires

Les trois ontologies d'affaires présentées dans ce chapitre partagent la même finalité, mais se distinguent par leur caractère spécifique. Selon Andersson et al. (2006), l'ontologie e3-value se concentre sur la modélisation des réseaux de valeur et l'analyse de rentabilité. En plus de modéliser les échanges de ressources, l'ontologie e-BMO couvre également les aspects des capacités internes et de la planification des ressources, et intègre les notions de gestion des relations avec les clients (Andersson et al., 2006).

Dans l'exemple de processus d'échange entre *Elmo* et *Cookie-Monster* (McCarthy, 2004), à travers lequel nous avons illustré le concept d'échange avec l'ontologie REA, nous pouvons constater la simplicité des concepts de base de l'ontologie REA.

Pour ce projet de recherche, l'ontologie REA représente un choix simple et intuitif qui couvre de façon adéquate les concepts d'échange et de transformation de ressources économiques que nous utiliserons pour notre approche. L'utilisation de l'ontologie REA nous permet donc de concevoir une méthode *générique* qui s'applique à un processus d'affaires sans égards à son domaine d'affaires.

D'ailleurs, l'ontologie REA est devenue un fondement pour plusieurs normes d'échange électronique telles que ebXML (*Electronic Business using eXtensible Markup Language*) (OASIS et UN/CEFACT, 2001), ISO Open-edi (ISO 2011b) et UMM (*UN/CEFACT Modelling Methodology*) (UN/CEFACT, 2003).

3.2 Conception de SI à partir de modèles de processus d'affaires

Notre projet de recherche vise à réduire l'écart entre les processus d'affaires et les SI. Dans cette section, nous allons explorer différentes approches de conception des SI à partir de modèles de processus d'affaires et nous allons expliquer certains concepts qui s'y rattachent.

3.2.1 Les défis des approches de conceptions de SI

Avec l'effervescence technologique des dernières décennies, les approches de développement des SI ne cessent d'évoluer. Les efforts d'amélioration s'intéressent essentiellement au choix de méthode de développement agile, à la simplification des langages de programmation et à l'introduction du concept de réutilisation des actifs TI (Pressman et Maxim, 2014). Nous avons distingué principalement trois approches qui permettent aux organisations de concevoir des SI à partir des modèles de processus d'affaires.

3.2.1.1 Approche d'ingénierie logicielle basée sur des méthodes de développement agiles

L'approche d'ingénierie logicielle est associée aux méthodes qui permettent de développer des systèmes d'information pour supporter des processus d'affaires (Pressman et Maxim, 2014). Le processus de développement se décompose généralement en plusieurs phases, telles que l'analyse, la conception architecturale, la conception détaillée et le développement.

Selon Pressman et Maxim (2014), l'approche d'ingénierie logicielle utilise différents modes du processus de développement des SI tels que le mode en cascades, le mode incrémental et le mode évolutif (e.g. prototypage). De nos jours, les organisations adoptent de plus en plus des méthodes de développement agiles qui utilisent un mode itératif et incrémental (par ex, Scrum et Kanban). Ce mode offre plusieurs avantages notamment la rapidité de la rétroaction des utilisateurs grâce à un cycle de développement des SI plus court. Selon ce mode, la livraison de la solution est effectuée de façon incrémentale afin de permettre aux utilisateurs de tester et de vérifier plus rapidement les fonctionnalités souhaitées. Les méthodes agiles sont fondées sur un manifeste de quatre valeurs (Agile-Alliance, 2001) :

1. La participation du client;

2. La mise en œuvre des individualités et des interactions, plutôt que des procédés complexes;
3. L'adaptation aux changements;
4. la production d'un SI entièrement fonctionnel plutôt qu'une documentation claire.

L'adoption du mode agile et de ses des valeurs, a eu un impact positif sur les méthodes de développement des SI durant les dernières années. Cependant, selon Wiegers et Beatty (2013), le développement des SI fait face à divers problèmes tels qu'une qualité insatisfaisante, des délais de livraison non respectés ou encore des coûts plus importants que prévu. Pressman et Maxim (2014) confirment que le développement des SI demeure une tâche complexe qui requiert de vastes quantités de connaissances et de compétences.

3.2.1.2 Approche des progiciels de gestion intégrée

Certaines organisations choisissent le développement des SI par l'adaptation et la mise en œuvre des progiciels de gestion intégrée (ERP, de l'anglais *Enterprise Resource Planning*). Cette approche est réputée par l'utilisation d'un cadre de travail, souvent propriétaire, qui contient des composantes préconstruites pour supporter les processus d'affaires. Selon Huq et Martin (2006), les systèmes ERP tels que SAP, Oracle et PeopleSoft, offrent des composantes compatibles avec les processus standards de chaque industrie. Par contre, l'utilisation de ces cadres nécessite que les processus d'affaires ciblés soient ajustés aux composantes offertes par le progiciel. Sumner (2000) explique que l'implantation d'un système ERP nécessite souvent que les processus ciblés de l'organisation soient ajustés à la solution.

De plus, le déploiement de ces solutions repose sur un plan détaillé étape par étape (Huq et Martin, 2006). Il faut souligner que la configuration des ERP nécessite l'intervention d'experts qualifiés pour personnaliser les composantes. Sumner (2000) conclut que la recherche et la rétention des ressources compétentes et nécessaires

pour livrer les projets de mise en œuvre des systèmes ERP représentent un grand défi pour les organisations.

Dezdar et Ainin (2011) concluent que le respect des facteurs de succès des projets de déploiement des systèmes ERP, affecte l'ensemble de l'organisation et implique ainsi des coûts plus élevés. Selon Andersson et Olandersson (2013), les projets de déploiement des systèmes ERP sont souvent des échecs dus notamment au dépassement des délais de livraison et à des coûts plus importants que prévu.

3.2.1.3 Approche par la gestion de processus d'affaires

L'approche de gestion de processus d'affaires (BPM, de l'anglais *Busines Process Management*) offrent une alternative intéressante pour construire des SI à partir des spécifications de processus d'affaires (Weske, 2012). BPM est la discipline qui s'intéresse à l'automatisation des processus d'affaires par la mise en œuvre de SI sous forme d'applications de type « flux de travail » (Lemrabet et al., 2011).

L'approche BPM s'intéresse aussi à l'amélioration des processus d'affaires des organisations par des phases de réingénierie. Selon Lemrabet et al. (2011), l'approche BPM est basée sur un ensemble d'outils et de bonnes pratiques qui permettent d'optimiser et d'automatiser les activités et les processus des organisations. Dumas et al. (2013) définissent l'approche BPM en six activités. Ces activités sont illustrées à la figure 4.8 :

1. Identification des processus d'affaires : Cette activité consiste à déterminer quels processus seront ciblés. Il s'agit aussi de définir les mesures de performance applicables aux processus d'affaires.
2. Modélisation du processus : Cette activité consiste à documenter les processus avec des langages tels que BPMN (*Business Process Model and Notation*) (OMG, 2011) ou EPC (*Event Process Chain*) (Scheer et al., 2005). La modélisation de l'état actuel de chacun des processus facilitera la communication.

3. Analyse du processus : Cette étape permet d'identifier les problèmes liés aux processus d'affaires. Ces problèmes sont classés en fonction de leurs impacts et de l'effort requis pour les résoudre.
4. Réingénierie du processus : Cette activité a pour objectif d'identifier les changements à effectuer aux processus pour résoudre les problèmes identifiés à l'étape précédente. Des modifications sont proposées et mises en œuvre à travers un modèle révisé de processus.
5. Mise en œuvre du processus : Ce qui consiste à implanter le processus amélioré par une suite BPMS (de l'anglais *Business Process Management Suite*).
6. Surveillance et contrôle du processus : Cette dernière étape du cycle BPM consiste à collecter les données pertinentes, à les analyser et à mesurer la performance et le rendement du processus par rapport aux objectifs d'affaires. Si des écarts sont observés, des correctifs seront entrepris.

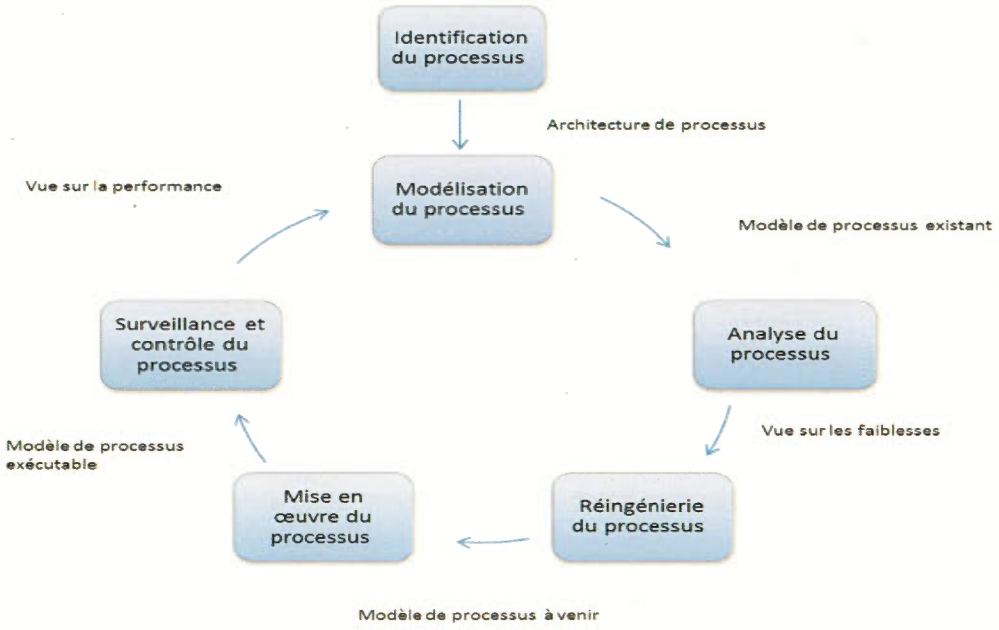

Figure 3.8 L'approche BPM.

Source : Dumas et al. (2013)

Les activités de l'approche BPM sont automatisées par une suite BPMS (e.g. la suite Appian BPM, Lombardi d'IBM, Bonitasoft) qui comporte un ensemble d'outils destinés à supporter la démarche.

Toutefois, malgré les avantages que présente l'approche BPM, notamment la flexibilité de l'intégration des systèmes et la transparence de l'exécution, plusieurs défis techniques et organisationnels persistent, tels que la dépendance envers l'expertise des suites BPMS pour bâtir une solution (Dumas et al., 2013).

3.2.2 Architecture orientée-service

L'architecture SOA a été proposée dès le début des années 1990 par le groupe Gartner (Lemrabet et al., 2011). Selon Laskey et Laskey (2009), le style architectural SOA procure des avantages techniques et compétitifs qui simplifient les défis rencontrés par les concepteurs de logiciels, tels que la flexibilité, la réutilisation, la modularité et la composition des services (Laskey et Laskey, 2009).

Selon Erl (2008), SOA est un modèle d'architecture qui vise l'efficacité, l'agilité et la productivité. SOA utilise les services comme moyen principal pour livrer aux organisations des solutions qui leur permettent d'atteindre leurs objectifs stratégiques. Le style d'architecture SOA permet aux architectes et concpeteurs de mettre l'accent sur le problème d'affaires en laissant les détails de la solution au niveau du service (Laskey et Laskey, 2009).

3.2.2.1 Notion de service

L'utilisation de l'architecture SOA est motivée par l'ambition des organisations pour créer des « entreprises orientées-service », ce qui se traduit par des SI composés d'un ensemble de services pour soutenir les processus d'affaires de l'organisation (Erl, 2008). Pour Kohlborn et al. (2009), un service SOA expose des fonctionnalités du SI qui peuvent être réutilisées et composées en fonction des besoins de l'entreprise. Le service décrit une partie du SI qui peut être utilisée séparément. Par conséquent, ce

service prend en charge l'exécution d'une activité ou de plusieurs activités du processus d'affaires.

Dans le contexte de l'architecture SOA, le service est le seul moyen pour parvenir à l'information. Il encapsule la logique d'affaires, mais demeure accessible à travers son interface pour accéder à une fonctionnalité (Liegl, 2007).

Weigand et al. (2009) proposent une taxonomie de service et identifient les caractéristiques du service en cinq points :

1. Le service est une ressource;
2. Le service est offert par un agent au profit d'un autre agent;
3. L'existence d'un service dépend de l'existence d'un processus;
4. Le service encapsule les ressources du fournisseur (autrement dit, il permet l'accès et la consommation de ces ressources);
5. Le service suit une politique et des règles.

3.2.2.2 Modélisation du service

Le langage SoaML (*Service oriented architecture Modeling Language*) a été introduit par l'OMG (*Object Management Group*), afin de concevoir des architectures SOA (OMG, 2012). SoaML est une extension du langage UML (OMG, 1997, 2005) pour supporter les exigences de modélisation de services SOA. Le langage SoaML fournit une norme d'architecture pour les modèles de solutions SOA.

Le langage SoaML étend UML dans six domaines principaux : les participants, les interfaces de service, les contrats de service, les architectures de services, les données et les capacités de service (Elvesæter et al., 2011). Selon Delgado et al. (2010b); Elvesæter et al. (2011), les six domaines se définissent comme suit :

1. *Les participants* sont utilisés pour définir les fournisseurs de services et les consommateurs.

2. *Les interfaces de service* sont utilisées pour décrire les opérations qui servent à exposer les fonctions d'un service. Elles peuvent être définies par trois sections principales : les interfaces fournies et requises, la classe d'interface et le protocole de comportement.
3. *Les contrats de service* décrivent les modèles d'interaction entre les entités de services.
4. *Les données de service* décrivent les messages de service et les pièces jointes.
5. *Les architectures de services* montrent comment les participants collaborent, fournissent et utilisent des services pour atteindre les objectifs d'affaires.
6. *Les capacités* représentent les moyens qui permettent d'effectuer une fonction. Ils identifient les ressources qu'un service fournit à travers les participants.

3.3 Méthodes d'identification de services

L'idée de développer des SI à partir des processus d'affaires est déjà utilisée par les éditeurs de progiciels ERP comme SAP ou Oracle. Ces éditeurs utilisent un cadre de travail propriétaire contenant des composantes préconstruites. Dans la littérature scientifique, un certain nombre de travaux de recherche proposent de produire des artefacts d'analyse et de conception de logiciels à partir de modèles de processus d'affaires ou de modèles d'affaires. Les auteurs de ces travaux présentent différentes approches qui utilisent soit un modèle d'affaires ou un modèle de processus d'affaires pour construire des modèles d'analyse en UML et/ou des modèles SOA.

Carlson (1979) a proposé d'identifier les composants des systèmes d'information en fonction de la spécification de haut niveau des processus d'affaires. Coad et al. (1999) utilisent une approche basée sur les questions pour créer et spécialiser les composants de services logiciels à partir de modèles d'affaires et de composants génériques. Cependant, leur approche est concentrée sur des fragments de modèles au lieu de modèles entiers.

Liew et al. (2004) ont présenté une approche pour la production des modèles d'analyse avec le langage UML en se basant sur une grille pour identifier les éléments du modèle BPMN afin de produire des artefacts d'analyse, tels que des diagrammes d'activités et des cas d'utilisation.

Touzi et al. (2009) ont proposé une méthode basée sur des règles de transformation d'un modèle de processus d'affaires en BPMN (e.g. activités, bassin, couloir) en éléments UML (classes, acteurs) afin de concevoir une architecture SOA.

Cruz et al. (2014) ont proposé une approche pour identifier les exigences fonctionnelles des systèmes avec une approche d'extraction des cas d'utilisation à partir des processus d'affaires. Cette approche a été étendue dans les travaux de Cruz et al. (2015a). Ces derniers ont dérivé des modèles de cas d'utilisation agrégés à partir d'un ensemble de modèles de processus d'affaires. Plus tard, Cruz et al. (2015b) ont proposé une nouvelle approche pour générer un modèle agrégé de données, basé sur un ensemble de modèles de processus d'affaires interdépendants exprimés avec BPMN.

Suite à l'avènement et le gain de popularité du paradigme SOA, l'identification des services a été perçue par plusieurs chercheurs comme une étape clé pour bâtir les SI. Chez IBM, une équipe de chercheurs a développé la méthode SOMA (Arsanjani et al., 2008) afin d'identifier des services SOA à partir des objectifs d'affaires GMS (*Goal Service Modeling*). SOMA consiste en une boite de bonnes pratiques et un catalogue de techniques qui nécessitent généralement une intervention humaine.

De Castro et al. (2009) ont proposé une méthode de transformation à partir de modèles d'affaires pour la composition de services Web. Le processus de transformation commence par la construction d'un modèle d'affaires utilisant les concepts de modélisation de l'ontologie d'affaires e3-value. À partir du modèle d'affaires, un processus de transformation produit le modèle UML du cas d'utilisation

afin d'identifier les services nécessaires pour la conception des systèmes d'information.

Autant Delgado et al. (2010a) que Elvesæter et al. (2010) ont proposé des méthodes pour identifier et élaborer les services basés sur des éléments BPMN repérés dans le modèle de processus d'affaires. Cette approche est basée sur des règles de transformation permettant de convertir ces éléments BPMN vers des éléments du langage de modélisation des services SoaML. Toutefois, les modèles de service obtenus à travers cette transformation sont déficients de sémantique d'affaires[1].

Selon Andersson et al. (2009), l'utilisation de modèles d'affaires comme source pour l'identification des services permet de conserver cette sémantique d'affaires. Les auteurs estiment que les modèles de processus d'affaires, tels que ceux exprimés en BPMN, perdent cette perspective. Dans Weigand et al. (2009), les auteurs ont repris le même argument et ont proposé une méthode en trois étapes qui consiste à identifier les services d'affaires à partir d'un modèle d'affaires pour déduire ensuite les services TI. Plus tard, Weigand et al. (2012) ont introduit une approche transformationnelle et un langage de modélisation des services basés sur l'ontologie REA. Toutefois, cette approche s'adresse uniquement à des modèles d'affaires et ne précise pas comment les modèles de service seront élaborés.

Tharaka et Jelena (2015) ont constaté que le développement des services est assez mature sur le plan technique si on considère l'évolution des normes de développement qui touchent les échanges de messages et la coordination des services. Cependant, les concepts d'affaires ne sont pas facilement traçables dans les spécifications d'un service. Par conséquent, l'alignement des modèles d'affaires et ceux des SI deviennent difficiles à maintenir. En se basant sur ce constat, Tharaka et Jelena (2015) ont proposé une approche de développement axée sur le modèle (MDA,

[1] La composante sémantique est l'unité d'information définie de manière non ambigüe dans le contexte de l'objectif d'affaires d'une transaction/échange d'affaires International Organization for Standardization ISO «(ISO15944-1) ISO Information technology: Business operational view- Part 1: Operational aspects of open-edi for implementation», (2011a)

de l'anglais *Model Driven Appraoch*) pour obtenir des services d'affaires en utilisant un modèle d'affaires REA comme point de départ. Cette approche est intéressante, cependant au même titre que les approches précédentes (Delgado et al., 2010a; Elvesæter et al., 2010; Weigand et al., 2012), les modèles des services identifiés ne sont pas élaborés avec suffisamment de détails pour permettre leur mise en œuvre.

3.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons survolé les concepts reliés à l'identification des services SOA à partir de modèles d'affaires ou de processus d'affaires. Nous avons d'abord exploré les concepts de modélisation d'affaires et de processus d'affaires ainsi que ceux de l'architecture SOA. Ensuite, nous avons présenté différentes approches de conception des SI à base d'architecture SOA à partir de modèles d'affaires et de processus d'affaires. À travers cette revue de littérature, nous constatons le besoin de concevoir une méthode générique et facile à utiliser qui simplifie l'identification des services SOA à partir de modèles de processus d'affaires. Dans le prochain chapitre, nous allons expliquer notre approche et présenter les détails de conception de cette méthode.

CHAPITRE IV

CONCEPTION ET DÉVELOPPEMENT DE LA MÉTHODE D'IDENTIFICATION DE SERVICES À PARTIR DE MODÈLES DE PROCESSUS D'AFFAIRES

La méthodologie de science de la conception est basée sur la création d'artefacts innovants pour résoudre une problématique (Johannesson et Perjons, 2014b). Selon Hevner et al. (2004), l'artefact peut prendre la forme de construction (*construct*), de modèle, de méthode, ou d'instanciation. Dans le cadre de notre projet de recherche, nous proposons de concevoir *une méthode* afin d'identifier des services à partir de modèles de processus d'affaires.

Dans ce chapitre, nous allons présenter les étapes qui ont permis de concevoir et de mettre en œuvre notre méthode.

4.1 Conception de la méthode

Notre projet de recherche propose de créer une *méthode* pour identifier des services SOA à partir de modèles de processus d'affaires. Nous avons choisi la norme BPMN pour représenter les modèles de processus d'affaires. BPMN est un langage graphique, facile à utiliser qui est largement adopté par les concepteurs de processus d'affaires, les spécialistes BPM et les analystes d'affaires.

Notre objectif à long terme est de concevoir et de développer des SI basés sur le style architectural SOA pour automatiser les processus d'affaires. Pour cela, nous devons *élaborer* et *spécifier* les services qui seront identifiés par notre méthode. Dans ce contexte, nous proposons dans ce travail (i) d'identifier les services SOA qui serviront à concevoir l'architecture des SI qui soutiendront les processus d'affaires, et

(ii) d'associer à chaque service SOA *un patron d'affaires*[2] qui permettra sa spécification avec le langage SoaML (*Service oriented architecture Modeling Language*) (Blal et Leshob, 2017). SoaML est une extension UML pour la spécification des services SOA (OMG, 2012).

4.1.1 Vers une approche générique

Notre objectif est de concevoir une méthode *générique* qui s'applique à des processus d'affaires provenant de différents domaines d'affaires. Pour cela, nous devons trouver un niveau d'abstraction plus élevé qui nous permettra de faire ressortir les points communs entre les processus d'affaires afin de les décrire d'une façon générique sans égards aux particularités du domaine d'affaires. Par exemple, un processus d'approvisionnement et un processus d'embauche auront comme point commun un échange de ressources. Dans un processus d'approvisionnement, on échange la ressource « argent » contre la ressource « produit ». Dans un processus d'embauche, on échange la ressource « argent » contre la ressource « travail ». Une solution serait d'utiliser une ontologie d'affaires (Leshob et al., 2017). En effet, une ontologie d'affaires perçoit un processus d'affaires en termes d'échange et de transformation de ressources (e.g. argent, bien, service) entre des agents (e.g. institution financière, compagnie d'assurance, etc.).

Parmi les ontologies d'affaires les plus répandues dans la littérature scientifique, nous retrouvons les ontologies : (i) REA (*Resource Event Agent*) (Geerts et McCarthy, 2000); (ii) e3-value (Gordijn et al., 2001) et (iii) e-BMO (*e-Business Model Ontology*) (Osterwalder et Pigneur, 2002). Au chapitre 4, nous avons expliqué les principes de base et les concepts clés de chacune de ces ontologies.

---

[2] Un patron d'affaires est une description générique d'une *solution réutilisable* basée sur les meilleures pratiques pour un problème d'affaires fréquemment rencontré (e.g. description d'un contrat commercial) Hans-Erik Eriksson et Magnus Penker, «Business modeling with UML», *Business Patterns at Work, John Wiley & Sons, New York, USA* (2000)..

Dans notre approche, nous avons choisi l'ontologie REA (Geerts et McCarthy, 2000). REA représente un choix intuitif qui couvre les concepts d'échange et de transformation de ressources économiques (Blal et Leshob, 2017). Elle est simple, facile à mettre en œuvre et a reçu une grande attention de la communauté au cours de la dernière décennie. De plus, l'ontologie REA est devenue le fondement pour plusieurs normes de référence d'échange électronique telles que ebXML (*Electronic Business using eXtensible Markup Language*) (OASIS et UN/CEFACT, 2001), ISO Open-edi (ISO 2011b) et UMM (*UN/CEFACT Modelling Methodology*) (UN/CEFACT, 2003).

4.1.2 Méthode d'identification des services

Selon Johannesson et Perjons (2014a), les méthodes expriment des connaissances en définissant des processus pour résoudre les problèmes et atteindre les objectifs. Pour identifier les services SOA à partir de modèles BPMN, nous proposons une méthode basée sur un processus en trois étapes tel qu'illustré dans la Figure 4.1. Chaque étape est un sous-processus qui sera détaillé dans les sections suivantes. La première étape de la méthode permet d'identifier tous les sous-processus qui composent le processus d'affaires en entrée. Ce dernier peut être conçu, par exemple, par un analyste d'affaires ou obtenu par la navigation dans un catalogue de processus. La deuxième et la troisième étape permettent d'identifier itérativement les services SOA pour chacun des sous-processus obtenus à la première étape. Nous décrivons les étapes de notre méthode plus en détail dans les sous-sections suivantes.

Figure 4.1 Processus d'identification des services.

4.1.2.1 Étape 1 : Construction de la chaîne de valeur

Un processus d'affaires peut être composé de plusieurs processus *élémentaires* (c.-à-d. des processus *non décomposables*). Par exemple, le processus « vente et distribution » est composé, au moins, de deux processus *élémentaires* : le processus de « vente » et celui de « distribution ». Le processus de « vente » est un processus qui permet l'échange de la ressource « produit » contre la ressource « argent ». Le processus « distribution » est un processus de conversion, car il change l'attribut « emplacement » de la ressource « produit » (Leshob et al., 2017).

Pour pouvoir identifier les services SOA à partir du processus BPMN en entrée, nous devons alors identifier les services SOA pour chacun des processus élémentaires qui le composent. Par exemple, pour le processus de « Vente et Distribution », nous devons appliquer notre méthode pour le processus de « Vente » et celui de « Distribution ».

Le but de la première étape de notre méthode est de décomposer le processus d'affaires en entrée en une série de processus élémentaires. Cette décomposition permet de construire *la chaîne de valeur REA* du processus (Leshob et al., 2017). Selon Leshob (2013), la chaîne de valeur REA est « un graphe étiqueté et orienté dont chacun des nœuds est un processus d'affaires d'échange ou de conversion. [...] Les arcs représentent le *flux de valeur* des ressources entre ces processus ». La chaîne de valeur est constituée de trois éléments : (i) les processus d'échange, (ii) les processus

de conversion et (iii) le flux de valeur de ressource qui constitue la relation entre ces processus (Hruby, 2006). La figure 4.2 montre la chaîne de valeur du processus « Vente et Distribution ».

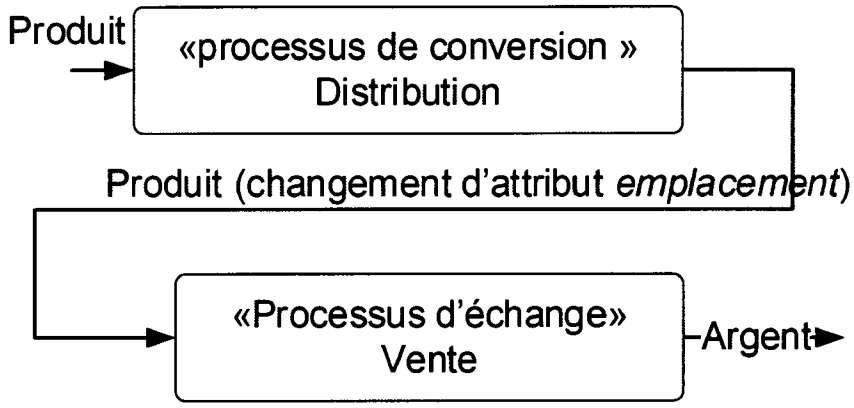

Figure 4.2 Chaîne de valeur du processus vente et distribution.

Le processus « distribution » est un processus de conversion qui change *l'emplacement* de la ressource « produit » (*l'emplacement* est un *attribut* de la ressource produit). Le processus de « vente » est un processus d'échange. Il échange la ressource économique « produit » pour la ressource économique « argent ».

La construction de la *chaîne de valeur* à partir d'un processus est décrite dans les travaux de Boubaker et al. (2017). Elle consiste en une série de transformations appliquées sur le modèle du processus d'affaires en entrée pour produire un modèle composé d'une série de processus d'affaires élémentaires. L'approche proposée dans Boubaker et al. (2017) consiste à :

1. Annoter de manière semi-automatique le processus d'affaires en entrée afin de distinguer les ressources économiques. Le concept de ressource économique est expliqué en détail au chapitre 4.

2. Inférer les concepts REA (c.-à-d. ressources économiques, événements économiques et agents économiques) à partir du modèle BPMN du processus pour obtenir les processus élémentaires d'échange et de conversion. Le type de chaque processus élémentaire est défini selon les patrons d'affaires d'échange ou de conversion de l'ontologie REA (Hruby, 2006).
3. Connecter les processus élémentaires en se basant sur le flux des ressources échangées, utilisées ou consommées pour former la chaîne de valeur du processus en entrée.

À la fin de cette étape, nous allons obtenir la chaîne de valeur qui contient l'ensemble des processus d'échange ou de conversion qui composent le processus d'affaires BPMN en entrée. Notre méthode doit permettre l'identification des services SOA pour chacun des processus élémentaires de la chaîne de valeur.

Un processus d'affaires est composé d'activités qui changent la valeur des ressources économiques appelées *événements économiques* (David, 1997) et d'autres activités qui ne changent pas la valeur des ressources économiques appelées *événements d'affaires* (David, 1997). Dans ce contexte, nous devons proposer une méthode qui permet d'identifier des services SOA pour chaque type d'activité. Un seul service peut automatiser plusieurs activités.

Rappelons que la portée de ce travail de recherche (voir le chapitre 1) se limite à élaborer une méthode qui identifie les services SOA pour les *processus d'échange* et que les *processus de conversion* seront traités dans des travaux futurs (voir le chapitre 7). Les concepts de processus d'échange et de conversion sont expliqués en détail au chapitre 3.

Pour identifier les services SOA qui soutiendront les *processus d'échanges,* nous proposons une méthode itérative et incrémentale. En effet, pour chacun des *processus d'échange* de la chaîne de valeurs, nous proposons d'identifier (i) les services qui automatisent les *événements économiques* que nous appellerons « *services*

d'échanges » (étape 2 de la méthode) et (ii) les services qui automatisent les *événements d'affaires* que nous appellerons *services d'affaires* (étape 3 de la méthode).

4.1.2.2 Étape 2 : Identification des services d'échanges

En cette étape, nous proposons un processus d'identification des *services d'échanges* qui se déroule en suivant deux sous-étapes :

1) *Construire le modèle REA pour chaque processus d'échange de la chaîne de valeur :* Ce modèle permet de faire ressortir (i) les agents économiques (partenaires), (ii) les événements économiques et (iii) les ressources économiques échangées. Ce modèle peut être obtenu simplement par l'instanciation du patron d'affaires d'échange représenté par le modèle UML à la figure 5.3.

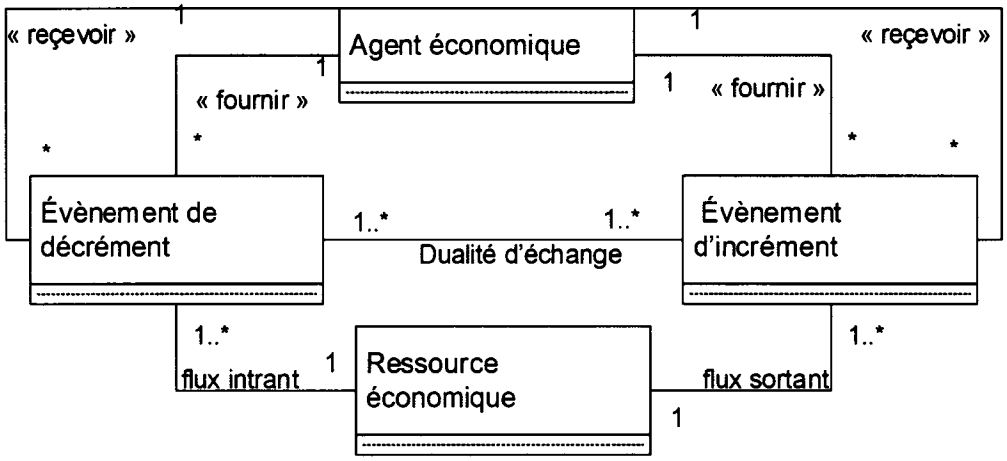

Figure 4.3 Patron d'échange REA.
Source : (Hruby, 2006).

Par exemple, dans le processus d'échange entre l'entrepreneur *Elmo* et le client *Cookie-Monster* présenté au chapitre 3, l'instanciation de ce patron d'échange est illustrée dans le figure 4.4.

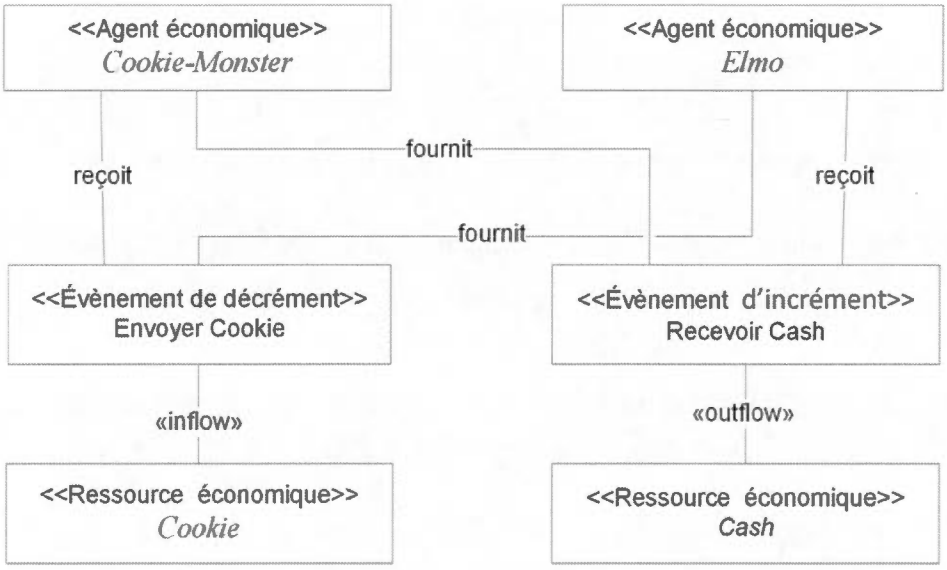

Figure 4.4 Le modèle REA du processus d'échange entre *Elmo* et *CookieMonster* du point de vue de l'entrepreneur *Elmo*.

Ce modèle est intéressant, car il permet de distinguer le transfert des ressources entre les agents économiques à travers des associations (c.-à-d. *fournit* et *reçoit*) entre les *agents* et les *événements économiques* de *décrément* et *d'incrément*. Ces associations permettent de distinguer le fournisseur du service (*Service Provider*) et le consommateur du service (*Service Consumer*) selon la norme SoaML (OMG, 2012).

2) *Extraire les services d'échange à partir du modèle obtenu lors de l'étape précédente* : chaque transfert d'une ressource (c.-à-d. la combinaison des associations « *fournit/reçoit* » de cette *ressource* dans le modèle d'échange de la figure 5.4), nous permet d'identifier un *service* pour gérer l'échange de cette ressource. Par exemple, dans le processus d'échange de la figure 4.4, nous identifions deux services d'échange. Le premier service (*Service Échange Cookie*) permet de gérer le transfert

de la ressource « *Cookie* » et le deuxième service (*Service Échange Cash*) pour gérer le transfert de la ressource « *Cash* » (voir la figure 4.5).

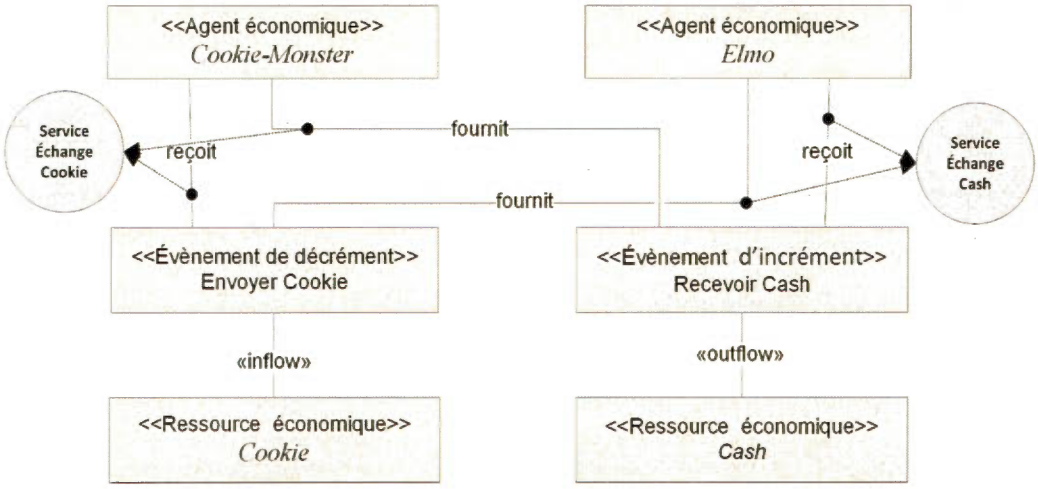

Figure 4.5 L'identification des services d'échange du processus de vente entre *Elmo* et *Cookie-Monster*.

À la fin de cette étape, tous les *services d'échanges* sont identifiés. De plus, ces services sont associés au patron d'échange REA, ce qui simplifiera ultérieurement leur spécification avec le langage SoaML. Rappelons que la spécification des services ne fait pas partie de ce projet de recherche.

4.1.2.3 Étape 3 : Identification des services d'affaires

Les *services d'échanges* soutiennent les activités qui changent la valeur des ressources économiques. Cependant, au fur et à mesure que les processus d'affaires deviennent plus complexes, d'autres activités qui ne modifient pas la valeur des ressources économiques surviennent. Ces activités sont appelées *événements d'affaires* (David, 1997). Par exemple, la création du bon de commande dans un processus d'approvisionnement est un événement d'affaires, car il ne change pas la valeur de la ressource économique, mais il fournit à l'organisation l'information suivante : l'achat des produits est planifié et les prix sont négociés (Leshob, 2013a).

Pour soutenir ce type d'activités (c.-à-d. celles qui ne changent pas la valeur des ressources économiques), nous allons identifier des services SOA que nous appellerons des *services d'affaires*.

Lors de l'identification des *services d'échange* à l'étape précédente, nous avons aussi associé à chacun de ces services un patron d'affaires (en l'occurrence le patron d'échange REA) qui facilitera sa spécification avec la norme SoaML. Au même titre, les *services d'affaires* doivent être identifiés et associés à un patron d'affaires pour faciliter leur spécification.

Une solution qui permet d'identifier les services d'affaires consiste à analyser les messages BPMN du processus en entrée (c.-à-d., les échanges entre les partenaires) et d'associer un service SOA à chacun des messages (De Castro et al. (2009); Delgado et al. (2010a); et Elvesæter et al. (2010)). Toutefois, cette solution présente deux inconvénients majeurs. Premièrement, elle identifie trop de services avec peu de responsabilités. Ce type de services est un anti-patron SOA [3] appelé « *Fine Grained Service* » (ou encore *Nanoservice)* (Palma *et al.*, 2014). Un service de type « *Fine Grained Service* » contient très peu d'opérations avec une cohésion très faible (Palma et al., 2014). Deuxièmement, elle ne permet pas d'associer un patron d'affaires aux services identifiés qui facilitera leur spécification avec le langage SoaML (Blal et Leshob, 2017).

Pour identifier un nombre adéquat de services d'affaires et lier chaque service à un patron d'affaires, nous proposons d'utiliser le modèle de référence ISO Open-edi (ISO 2010). Plus précisément, nous utilisons la spécification des phases de collaboration de la norme Open-edi (ISO 2010). En effet, selon la norme ISO Open-edi, le déroulement d'un processus d'affaires entre partenaires passe par les cinq phases suivantes : *la planification, l'identification, la négociation, l'actualisation et*

[3] Un anti-patron SOA est une mauvaise solution pour résoudre un problème récurrent pour la conception des systèmes basés sur l'architecture SOA (Francis Palma et al., «Specification and detection of SOA antipatterns in web services», dans *European Conference on Software Architecture* (: Springer, 2014).

la post-actualisation (ISO 2011b). Les phases de collaboration sont illustrées à la figure 4.6.

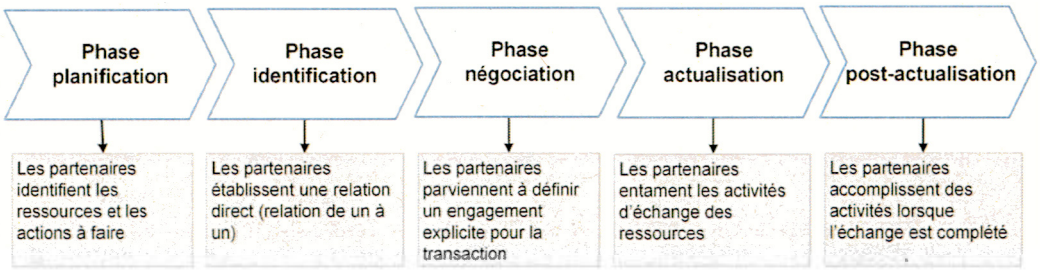

Figure 4.6 Description des phases de collaboration selon ISO Open-edi

L'utilisation des phases de collaboration ISO Open-edi est motivée par deux raisons : Premièrement, chaque phase se compose d'un ou de plusieurs messages échangés entre les partenaires *qui peuvent être associés à des patrons d'affaires* pour faciliter la spécification des services (ISO 2010). Deuxièmement, REA représente le cadre ontologique utilisé par Open-edi pour spécifier les concepts et les relations impliquées dans un processus d'affaires (ISO 2010). En effet, il existe plusieurs points de synergie entre l'ontologie REA et les spécifications de la norme ISO Open-edi, puisque cette dernière reprend les concepts REA reliés au processus d'échange (ISO 2010). De plus, les phases de collaboration Open-edi sont adaptées au concept REA en fonction de la nature des événements d'affaires qui surviennent lors de chaque phase. Ainsi, elles sont regroupées selon une structure de trois phases : (i) *planification/identification*, (ii) *négociation* et (iii) *actualisation/post-actualisation* (ISO 2010).

La phase de *planification/identification* sert à établir un lien d'affaires entre les partenaires. Ces derniers exécutent des activités pour s'identifier mutuellement, partager leurs intentions et identifier les ressources à échanger. Cette phase sera complétée lorsque les deux partenaires établissent un lien direct de un à un (ISO 2010).

Le but de la phase de *négociation* est d'atteindre un objectif explicite, mutuellement compris et convenu par les deux partenaires, pour effectuer l'échange. La phase de *négociation* est terminée lorsque les engagements compris dans le contrat sont effectifs. En effet, la phase de *négociation* permet d'aboutir à un engagement ferme des agents économiques pour mener un échange qui sera concrétisé lors de la phase d'*actualisation/post-actualisation* (ISO 2010).

La phase d'*actualisation/post-actualisation* commence une fois que l'échange des ressources économiques est amorcé (ISO 2010). Comme les *événements d'échanges* ne sont pas nécessairement simultanés, des *événements d'affaires* peuvent se produire. Par exemple, dans un processus d'approvisionnement, la création et l'envoi de la facture par le fournisseur sont des *événements d'affaires* (ISO 2011a).

Pour identifier les *services d'affaires*, nous proposons (i) de délimiter les frontières des phases de collaboration Open-edi pour chaque processus dans la chaîne de valeur et (ii) d'identifier les services d'affaires pour chaque phase de collaboration.

1) Processus de délimitation des frontières des phases de collaboration

Selon la norme Open-edi, la phase d'*actualisation/post-actualisation* comprend des activités d'échange (c.-à-d. des événements économiques d'incrément et de décrément) qui permettent d'effectuer le transfert des ressources entre les partenaires d'affaires (ISO 2010). Ces activités permettent de délimiter les frontières de la phase d'*actualisation/post-actualisation*. Nous allons donc utiliser le premier événement économique (d'incrément ou de décrément) pour marquer le début de la phase *actualisation/post-actualisation*. La fin de cette phase correspond à la dernière activité du processus d'échange.

Une fois que les frontières de la phase d'*actualisation/post-actualisation* du processus sont identifiées, trois scénarios sont possibles :

a) Le processus contient seulement la phase d'*actualisation/post-actualisation* identifiée précédemment;
b) Le processus contient une phase de *négociation* qui précède la phase d'*actualisation/post-actualisation* déjà identifiée;
c) Le processus peut être décomposé en utilisant les trois phases (c.-à-d. *planification/identification, négociation et actualisation/post-actualisation*).

Le premier scénario est vrai lorsqu'il n'y a aucune activité avant la phase d'*actualisation/post-actualisation* (e.g. processus de vente de pizza dans un restaurant). Dans ce cas, nous déduirons que seuls des *services d'affaires* de la phase d'*actualisation/post-actualisation* seront nécessaires pour automatiser le processus et qu'aucun autre service d'affaires n'est nécessaire.

Dans le cas des scénarios b) et c), nous avons adopté une approche semi-automatique basée sur des questions, semblable à celle utilisée dans Leshob et al. (2017) et Malone et al. (1999), afin de déterminer les phases de collaboration et leurs frontières. Les questions seront posées à l'utilisateur de la méthode (e.g. l'analyste d'affaires). Selon les réponses obtenues, nous délimiterons les frontières des phases de collaboration. Le diagramme BPMN de la figure 5.7 illustre l'approche proposée.

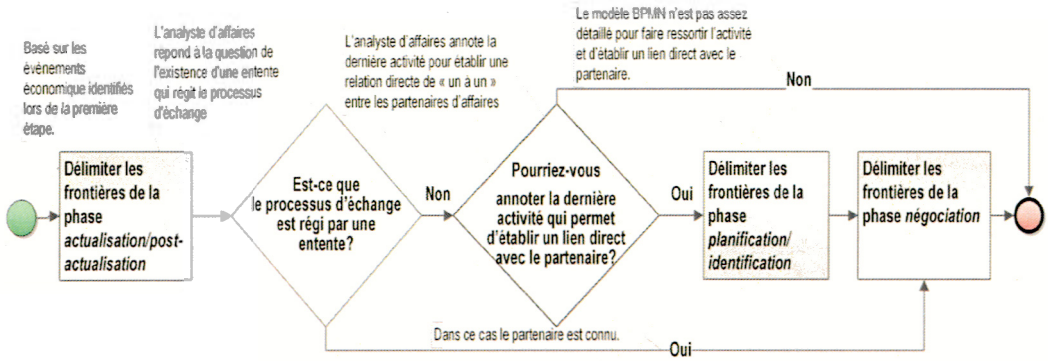

Figure 4.7 Processus d'identification des phases de collaboration.

Dans un premier temps, nous demandons à l'analyste d'affaires de préciser s'il existe un accord ou une entente-cadre entre les partenaires en lui posant la question suivante : e*st-ce que le processus d'échange est régi par une entente?*

Si la réponse est positive (c.-à-d. que le processus est régi par une entente), nous conclurons que le processus ne comprend pas d'activités de planification. En effet, l'objectif de la phase de *planification/identification* est d'établir un lien direct de « un à un » entre les partenaires d'affaires. Or, avec une entente-cadre, ce lien est forcément existant. Par exemple dans le cas d'un processus d'approvisionnement classique, si le processus est régi par une entente-cadre entre la compagnie et son fournisseur, les activités de création d'appels d'offres, de traitement des appels d'offres et des soumissions ne seront pas nécessaires parce que le partenaire est connu (c.-à-d., le lien direct « un à un » entre les partenaires est déjà établi). Dans ce cas, toutes les activités avant la phase d'*actualisation/post-actualisation* consistent à créer l'engagement explicite pour la transaction d'échange (c.-à-d., les activités de négociation selon le modèle Open-edi). Par exemple, dans le cas d'un processus d'approvisionnement classique, ces activités consistent en la création, l'envoi et la réception du bon de commande.

Si la réponse est négative (c.-à-d. qu'aucune entente n'existe pour gérer l'échange), nous demandons à l'analyse d'affaires d'identifier la dernière activité qui établit le

lien d'affaires direct « un à un » entre les partenaires en lui posant la question suivante : *pourriez-vous identifier la dernière activité qui permet d'établir un lien direct avec le partenaire?*

L'identification de cette activité établira la frontière entre la phase de *planification/identification* et celle de *négociation.*

2) Processus d'identification des services d'affaires

Après l'identification des frontières de chaque phase de collaboration pour chaque processus dans la chaîne de valeur, nous allons montrer comment identifier les services d'affaires. Par la suite, nous allons associer à chaque service à un patron d'affaires.

Pour identifier les services d'affaires et leur associer un patron d'affaires, nous avons d'abord examiné les deux options suivantes :

a) Associer un service d'affaires à chaque phase de collaboration. Ce service d'affaires automatisera tous les échanges de messages de la phase;
b) Associer un service d'affaires à chaque message de la phase de collaboration. Dans ce cas, nous obtiendrons autant de services d'affaires que de messages.

Nous avons exclu la première option (c.-à-d. un seul service d'affaires pour chaque phase de collaboration), car cette solution mènera à un anti-patron SOA appelé « *God Service Object* » (Palma et al., 2014). Un service de type « *God Service Object* » représente une mauvaise solution, car il contient un grand nombre d'opérations dont la cohésion est très faible et peut avoir un temps de réponse important (Palma et al., 2014).

Nous avons aussi exclu la deuxième option (c.-à-d. un service d'affaires pour chaque message échangé), car cette dernière mène aussi à un anti-patron SOA appelé « *Fine Grained Service* » (ou encore *Nanoservice*) (Palma et al., 2014). Un service de type

« *Fine Grained Service* » contient très peu d'opérations ayant une cohésion très faible (Palma et al., 2014). Ce type de service a donc besoin d'être couplé à plusieurs autres services pour réaliser une fonction, ce qui se traduit par une architecture hautement complexe (Palma et al., 2014).

Pour identifier les services d'affaires avec une couverture adéquate, nous demandons à l'analyste d'affaires de répondre à des questions reliées aux messages échangés. Plus précisément, nous lui posons une question qui nous permet de classifier chaque message. Pour chaque classe de message, nous identifions un service d'affaires. Le message est classé selon qu'il est de type réponse requise (*request-response*) ou de type sens unique (*one-way*). Ces catégories de messages sont utilisées pour la conception des systèmes de messagerie d'entreprise (Busi et al., 2005). Par exemple, dans un processus d'approvisionnement classique, il existe un lien entre les messages échangés par les activités qui traitent l'envoi d'appel d'offres, la réponse à l'appel d'offres et le traitement de soumissions. Ces activités devront être soutenues par un seul service d'affaires.

Une fois que nous avons identifié les services d'affaires, la dernière étape de notre méthode consiste à leur associer un patron d'affaires REA selon la phase de collaboration à laquelle ils appartiennent. Les patrons d'affaires, par leur spécification, permettront d'élaborer ultérieurement les services identifiés. Bien que ce projet se concentre sur l'identification des services, nous avons, toutefois, présenté dans Blal et Leshob (2017) et le chapitre de démonstration (chapitre suivant) un exemple d'association de patrons aux services d'affaires et un exemple d'élaboration de services d'affaires avec le langage SoaML.

4.2 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons expliqué comment nous avons conçu et développé notre méthode d'identification des services à partir de modèles de processus d'affaires exprimés avec BPMN. Nous avons proposé une méthode basée sur un processus en

trois étapes. La première étape consiste à construire la chaîne de valeur du processus d'affaires en entrée. La deuxième permet d'identifier les services SOA d'échange qui soutiennent les activités qui changent la valeur des ressources économiques. La troisième étape identifie les services d'affaires qui soutiennent toutes les autres activités du processus. Dans le prochain chapitre, nous allons faire la démonstration de cette méthode dans le contexte du processus d'approvisionnement.

CHAPITRE V

DÉMONSTRATION DE LA MÉTHODE D'IDENTIFICATION DE SERVICES À PARTIR DE MODÈLES DE PROCESSUS D'AFFAIRES

Selon la méthodologie de recherche de la science de la conception, la prochaine étape de notre projet de recherche, est la démonstration. Selon Johannesson et Perjons (2014a), cette étape « établit que l'artefact peut résoudre certains aspects du problème dans un cas illustratif ou réel » et nous permet de conclure que « si l'artefact peut résoudre un problème dans un cas, il pourrait être capable de le faire dans d'autres cas également ». Ce chapitre sera consacré à la démonstration de la méthode dans le contexte du processus d'approvisionnement.

5.1 Identification des services

Nous avons appliqué notre méthode au processus d'approvisionnement illustré dans le diagramme BPMN à la figure 6.1. Le processus d'approvisionnement est amorcé par une demande d'acquisition de produits. L'organisation acheteuse envoie un devis d'appel d'offres (DAO) aux fournisseurs potentiels qui préparent des soumissions et les envoient à l'organisation. Suite à la réception des soumissions, l'organisation sélectionne un fournisseur et lui envoie un bon de commande (BC). Par la suite, le fournisseur prépare la commande et livre le produit à l'acheteur. Une fois que le produit est reçu, une facture est émise par le fournisseur et l'organisation envoie le paiement.

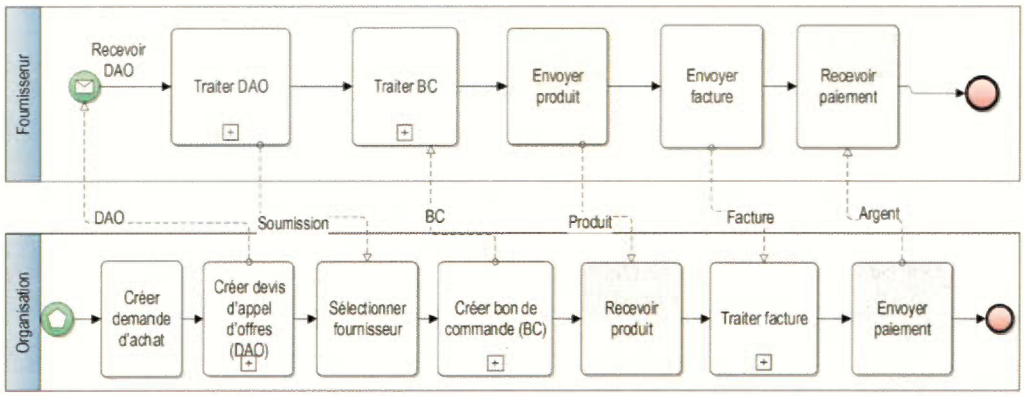

Figure 5.1 Processus d'approvisionnement générique.

5.1.1 Construction de la chaîne de valeur

Le processus d'approvisionnement est composé d'un seul processus. Les activités au fond gris dans la figure 5.1 définissent des événements économiques qui modifient la valeur des ressources économiques (produit et argent). La figure 5.2 montre la chaîne de valeur du processus d'approvisionnement.

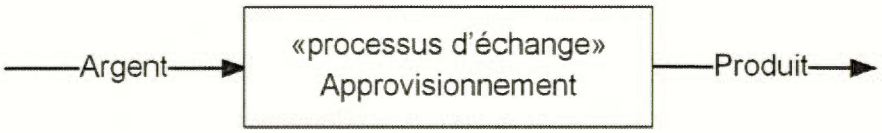

Figure 5.2 Chaîne de valeur du processus d'approvisionnement.

Suite à la construction de la chaîne de valeur du processus d'approvisionnement, nous allons appliquer les étapes subséquentes de notre méthode pour identifier les services d'échanges et d'affaires.

5.1.2 Identification des services d'échanges

Pour identifier les services d'échange, nous devons construire le modèle REA de base (voir la section 4.1.2). Pour cela, nous devons instancier le patron d'échange REA de la figure 4.3 pour le processus d'approvisionnement. Le modèle REA du processus d'approvisionnement obtenu est illustré à la figure 5.3. Nous y distinguons les

événements économiques « recevoir produit » et « envoyer paiement » (du point de vue de l'organisation). L'événement « recevoir produit » incrémente la quantité de la ressource économique « produit »; alors que l'événement « envoyer paiement » décrémente la ressource économique « argent ».

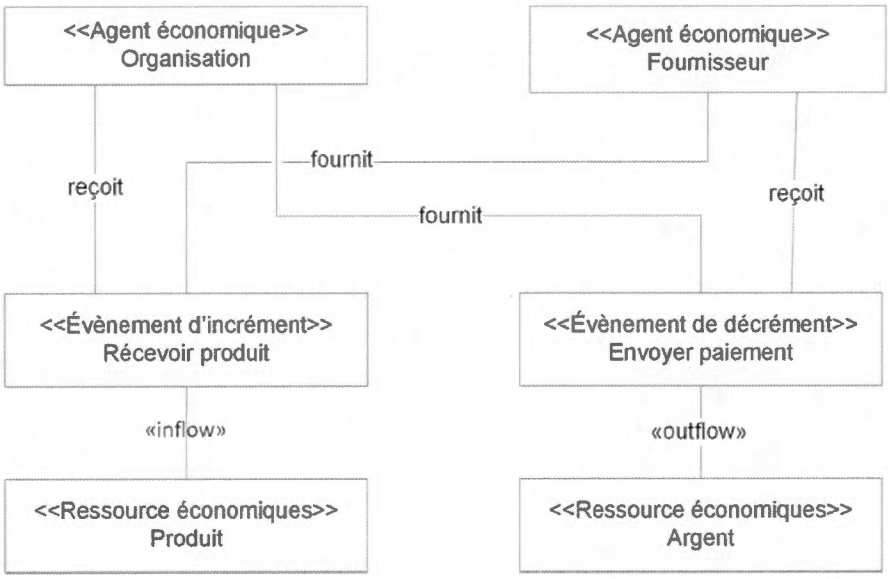

Figure 5.3 Modèle REA pour le processus d'approvisionnement.

Chaque transfert de ressource (c.-à-d. la combinaison des associations *fournit/reçoit*) entre les deux partenaires permet d'identifier un service d'échange qui gère le transfert de la ressource. Dans le cas du processus d'approvisionnement, nous identifions deux services d'échange à partir du modèle REA, illustrés à la figure 5.4. Le premier service automatisera les activités d'échange de la ressource « produit » et le deuxième automatisera les activités d'échange de la ressource « argent ».

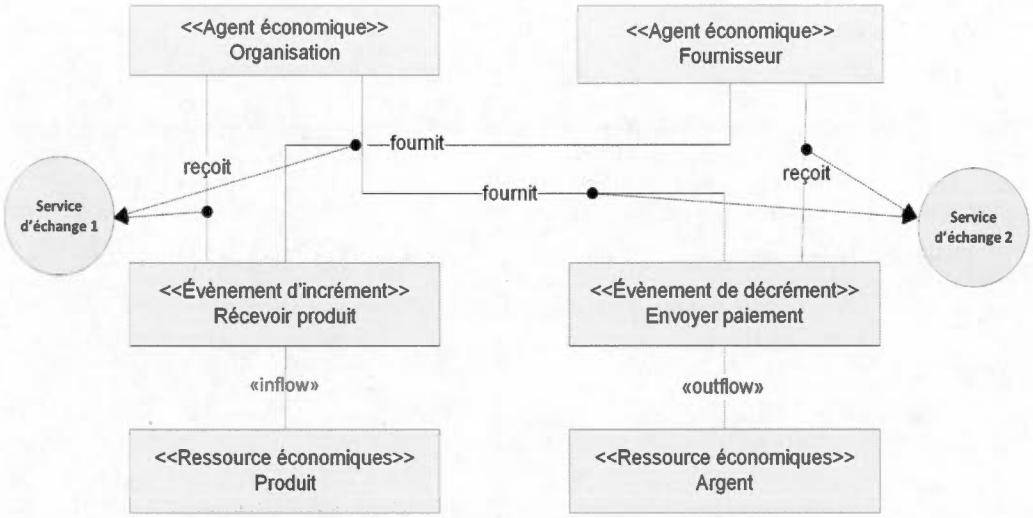

Figure 5.4 Identification des services d'échanges pour le processus d'approvisionnement.

Les services d'échange seront associés au patron d'échange en vue de leur spécification.

5.1.3 Identification des services d'affaires

L'identification des services d'affaires pour le processus d'approvisionnement passe par les deux étapes suivantes :

1. Identification des phases de collaboration

Pour identifier les phases de collaboration, nous allons appliquer le processus décrit dans la section 4.1.2 (étape 3).

Les frontières de la phase *actualisation/post-actualisation* sont délimitées par les activités (événements économiques) identifiées lors de la construction de la chaîne de valeur (Boubaker et al., 2017). Ces activités sont illustrées avec un fond gris dans la figure 5.1 du modèle BPMN du processus d'approvisionnement. Les activités identifiées sont les suivantes : (i) envoyer/recevoir la ressource « produit » et (ii) et

envoyer/recevoir la ressource « argent ». La figure 5.5 montre la zone du processus qui couvre la phase *actualisation/post-actualisation*.

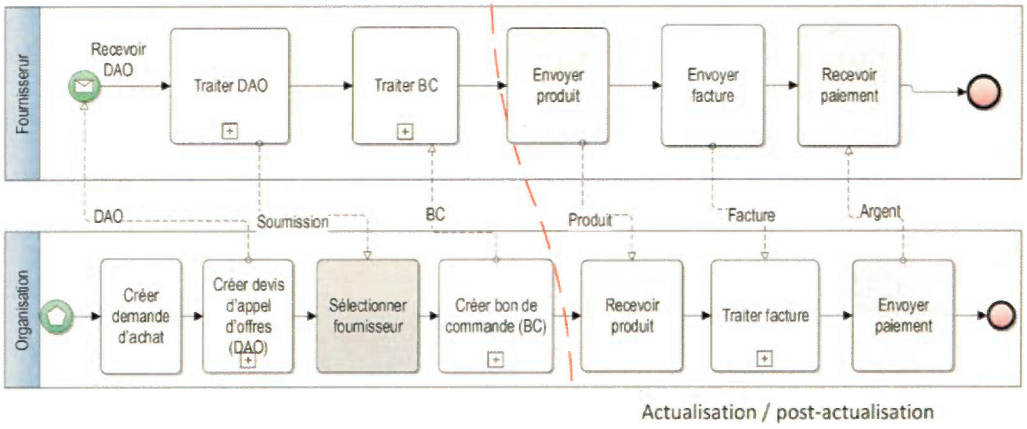

Figure 5.5 Identification de la phase actualisation/post-actualisation.

Pour identifier les autres phases de collaboration, nous allons appliquer le processus semi-automatique décrit dans la sous-section 4.1.2.3. Ce processus est basé sur des questions qu'on pose à l'analyste d'affaires. La première question vise à déterminer si le processus d'échange est régi par une entente-cadre. Dans le cas du processus d'approvisionnent de la figure 6.1, l'échange n'est régi par aucune entente. Nous concluons que le processus passe par les trois phases de collaboration (voir la section 4.1.2).

Afin de pouvoir délimiter les phases de *planification/identification* et de *négociation*, nous demandons à l'analyste d'annoter l'activité qui permet de créer un lien direct (un à un) avec le partenaire. En effet, dans un processus d'approvisionnement, avant que le fournisseur ne soit sélectionné, le marché est ouvert à tous les fournisseurs potentiels qui ont envoyé une soumission à l'appel d'offres. Suite à un processus de sélection, l'acheteur choisit un partenaire pour effectuer l'échange.

L'activité qui permet de créer un lien direct (un à un) avec le partenaire est « Sélectionner fournisseur ». Toutes les activités qui se trouvent avant l'activité « Sélectionner fournisseur » délimitent les frontières de la phase *planification/identification*. Toutes les activités qui se trouvent après l'activité « Sélectionner fournisseur » et avant la phase *actualisation/post-actualisation* (identifiée précédemment) délimitent les frontières de la phase de *négociation*. Les frontières des phases de collaboration Open-edi (ISO 2010) sont illustrées dans la figure 5.6.

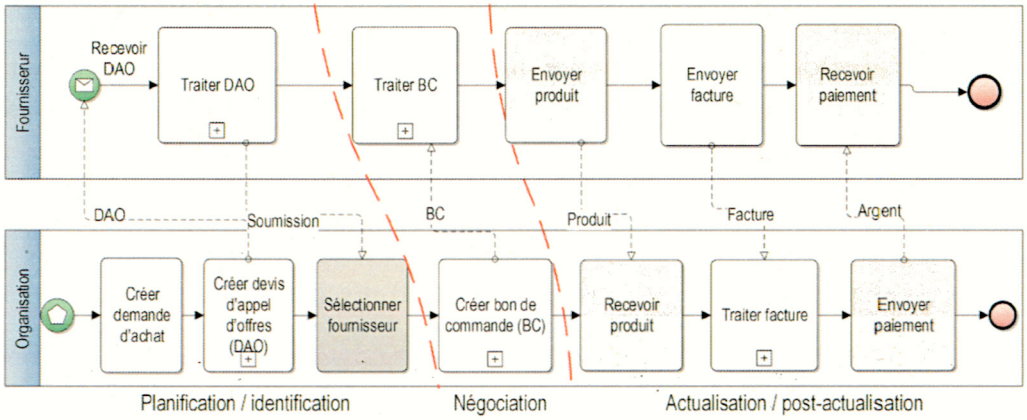

Figure 5.6 Identification des phases de *planification/identification* et de la phase *négociation*.

2. Identification des services d'affaires

La prochaine étape consiste en l'analyse des types de messages échangés entre les partenaires afin d'identifier les services d'affaires dans chaque phase de collaboration identifiée à l'étape précédente. Le diagramme BPMN du processus d'approvisionnement (figure 5.1) montre six messages. Deux (2) de ces messages servent à gérer la réception du produit et l'envoi du paiement. Ces derniers ont permis d'identifier les services d'échanges. Les autres messages serviront à identifier les services d'affaires.

Pour identifier les services d'affaires, nous avons demandé à l'analyste d'affaires d'annoter les messages de type « réponse requise » et « sens unique ». Dans le cas du processus d'approvisionnement, le message du devis d'appel d'offres (DAO) nécessite une réponse qui consiste à envoyer une soumission. Les deux messages sont liés et seront donc gérés par le même service SOA. Les deux autres messages (c.-à-d. l'envoi du bon de commande et de la facture) sont de type « sens unique ».

Nous identifions alors trois services d'affaires. Le premier service gère les activités qui permettent la sélection du fournisseur (Service Soumission). Le deuxième service soutient les activités de création, d'envoi et de traitement du bon de commande (Service Contrat). Le dernier service d'affaires soutient les activités de facturation (Service Facturation).

Au total, deux services d'échange et trois services d'affaires sont identifiés pour gérer le processus d'approvisionnement.

5.1.4 Association des services aux partons d'affaires

Pour pouvoir spécifier les services, nous devons les associer aux patrons d'affaires (voir le chapitre 4). Les services d'échange (c.-à-d., les services qui soutiennent les activités d'échange de produit et de paiement) sont associés au patron d'affaires d'échange REA (voir la figure 4.3).

Le service d'affaires « *Service Contrat* » gère les activités de création, d'envoi et de traitement du bon de commande lors de la phase de négociation. Le bon de commande représente le contrat d'échange entre les partenaires d'affaires (Hruby, 2006). Il contient des engagements des partenaires. Le fournisseur s'engage à fournir des produits et l'acheteur s'engage à payer pour les produits reçus. Les termes du contrat (*Term*) sont des obligations à exécuter sous certaines conditions, par exemple, les pénalités à appliquer en cas d'annulation ou de violation des engagements

(Leshob, 2013b). Le *Service Contrat* sera donc associé au patron d'affaires *Contrat* illustré dans la figure 5.7.

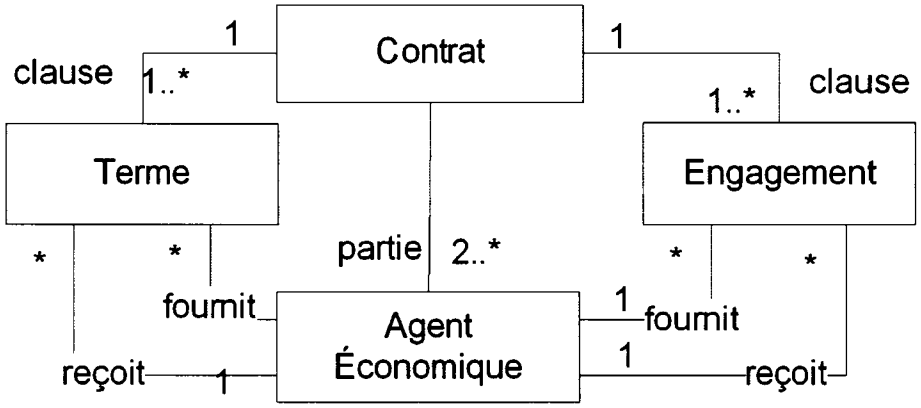

Figure 5.7 Patron *Contrat*.
Source : Hruby (2006)

Le *Service de Soumission* fait partie de la phase planification/identification. Selon Hruby (2006), les ordres d'achat, les appels d'offres et les soumissions ont la même structure qu'un contrat. Par conséquent, nous associons *Service de Soumission* au patron *Contrat* pour faciliter sa spécification.

Le *Service Facturation* gère la création, l'envoi et le traitement de la facture. Selon Hruby (2006), une facture est une créance qui représente le déséquilibre de valeurs de ressources économiques lorsque les événements d'incrément (e.g. réception de produit) et de décrément (e.g. envoie de paiement) ne sont pas simultanés. Une facture est associée au patron REA de *Créance* illustré dans la figure 5.8. La créance est matérialisée par exemple en une facture qui sera envoyée par le fournisseur. La créance est reliée aux *engagements* (traduit du concept en anglais *commitments*) par la relation de *matérialisation* (traduit du concept en anglais *materialization*) (e.g. les produits à acheter) et de *règlement* (traduit du concept en anglais *settlement*) (p. ex., les lignes de paiement) selon le patron d'affaires *Matérialisation de la créance*.

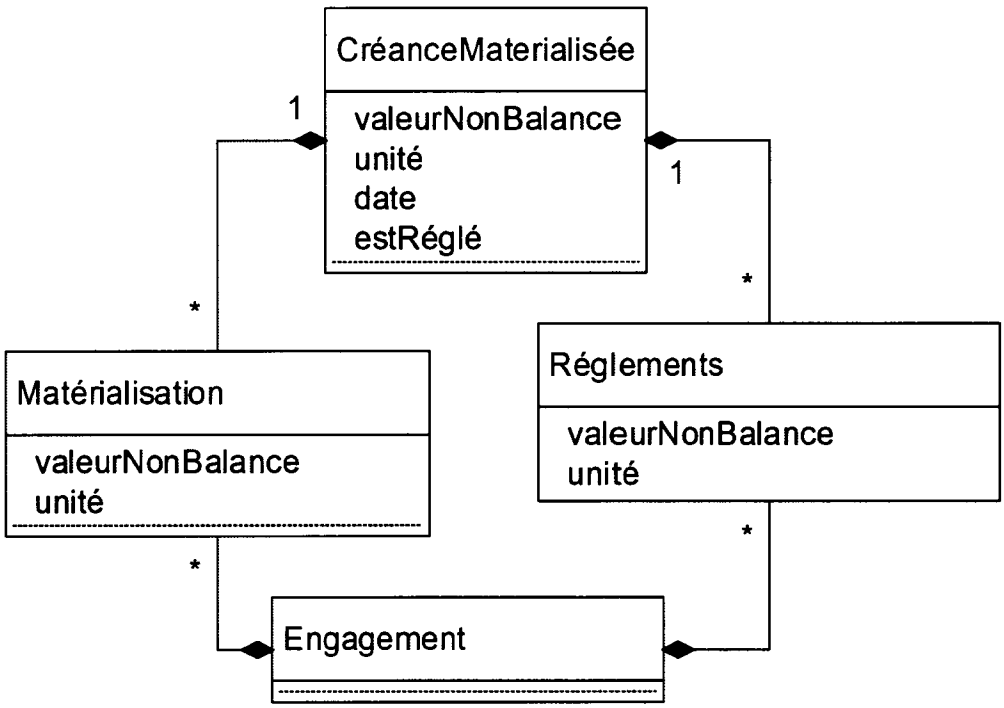

Figure 5.8 Patron *Créance*.
Source : Hruby (2006)

Le tableau 5.1 montre les services d'échange et d'affaires que nous avons identifiés pour le processus d'approvisionnement. Pour chaque service, nous montrons le patron d'affaires qui lui est associé.

Tableau 5.1 Services extraits pour le processus d'approvisionnement

Services	Phase de collaboration	Patron d'affaires
Service Réception de produit	Actualisation	Échange
Service Paiement	Actualisation	Échange
Service Soumission	Identification	Contrat
Service Contrat	Négociation	Contrat
Service Facturation	Actualisation	Créance

5.1.5 Spécification des services

Bien que l'élaboration des services identifiés ne fasse pas partie de la portée de ce projet, nous allons montrer comment spécifier le service de gestion du contrat d'échange (Service Contrat) avec le langage SoaML. Plus précisément, nous allons montrer comment modéliser les interfaces de service et les participants (Blal et Leshob, 2017).

Le *Service Contrat* gère les activités de création, d'envoi et de traitement du bon de commande pendant la phase de *négociation*. Les interfaces de ce service permettent à l'organisation et au fournisseur d'invoquer des opérations, de répondre aux opérations et d'envoyer et recevoir des messages. L'interface de service est définie du point de vue du fournisseur du service en utilisant :

1) Les *interfaces fournies et requises* qui sont des interfaces UML réalisées ou utilisées par l'*interface du service*.
2) Les *rôles,* qui seront joués par les participants (partenaires d'affaires) impliqués dans le service.
3) Le *comportement* qui spécifie les interactions valides entre le fournisseur et le consommateur du service. Pour les spécifier, nous utilisons les diagrammes d'interaction et d'activité UML.

La figure 5.9 montre le diagramme des *interfaces* du *Service Contrat* (c.-à-d. le bon de commande). Cette spécification est basée sur le patron d'affaires *Contrat* de la

figure. 5.7. Le contrat a deux participants : *la compagnie* et le *fournisseur*. L'interface du *Service Contrat* fournit l'interface « *PO TAKER* » (*rôle* du fournisseur dans le service) et nécessite une interface « *PO PLACER* » (*rôle* du consommateur dans le service).

« *PO PLACER* » a des engagements (voir le patron *Engagement* dans Hruby (2006)) qui définissent les *valeurs* (e.g. la quantité), les *dates* pour les ressources économiques (e.g. produits et services) et les *termes* qui définissent les engagements potentiels qui sont instanciés si certaines conditions sont remplies (e.g. pénalités) (voir le patron *Contrat* de la figure 5.7). Le diagramme de comportement SoaML de l'interface de service est illustré dans la figure 5.10.

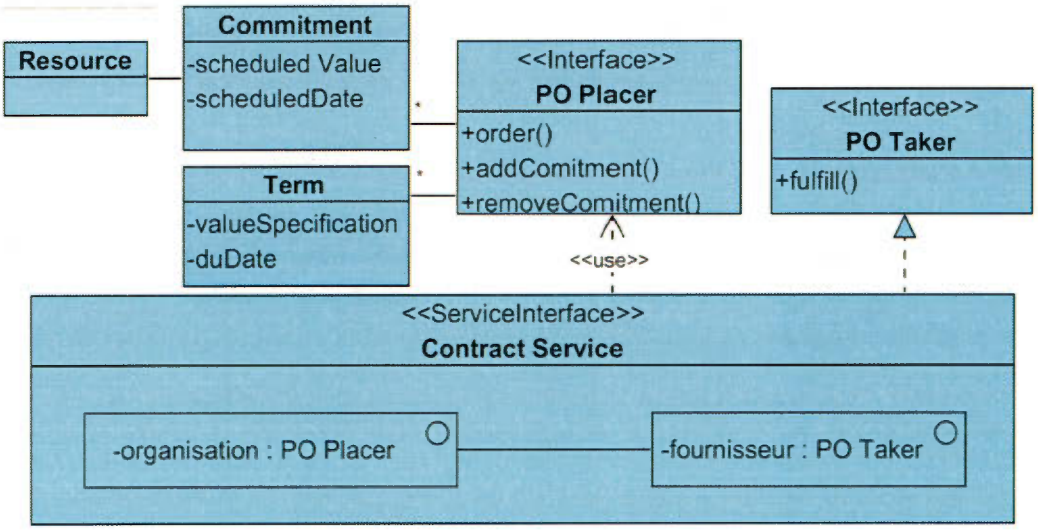

Figure 5.9 Diagramme d'interfaces du service de gestion du contrat.
Source : Blal et Leshob (2017)

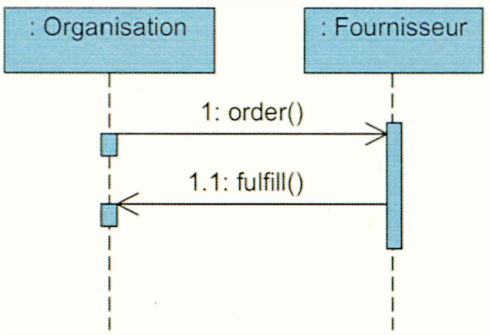

Figure 5.10 Diagramme de comportement des interfaces du service de gestion du contrat.

Source : Blal et Leshob (2017)

Le diagramme de *participants* SoaML représente les parties ou composantes qui fournissent et/ou consomment des services. Les *participants* définissent des types d'organisation, des rôles organisationnels ou des composantes. Le diagramme des participants du *Service Contrat* est illustré à la figure 5.11.

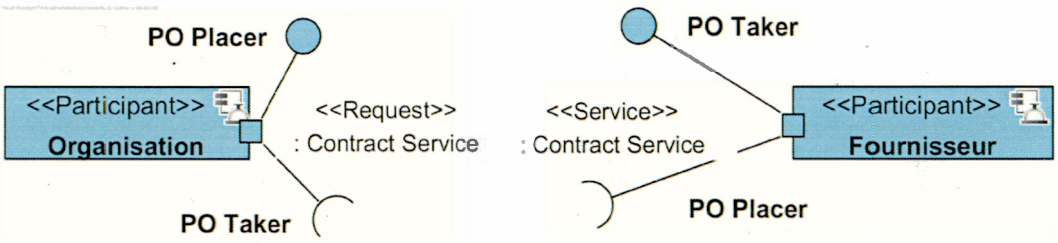

Figure 5.11 Diagramme des participants du service de gestion du contrat.

Source : Blal et Leshob (2017)

5.2 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons appliqué notre méthode d'identification des services dans le contexte du processus d'affaires d'approvisionnement. Cette démonstration a permis de tester la faisabilité de notre approche dans un cas spécifique. Dans le prochain chapitre, nous allons présenter comment nous avons évalué notre méthode.

CHAPITRE VI

ÉVALUATION DE LA MÉTHODE D'IDENTIFICATION DE SERVICES À PARTIR DE MODÈLES DE PROCESSUS D'AFFAIRES

L'artefact évalué dans ce chapitre est la méthode d'identification des services à partir des modèles de processus d'affaires. L'évaluation en science de la conception détermine comment l'artefact est capable de résoudre le problème et dans quelle mesure il remplit les exigences (Johannesson et Perjons, 2014e).

Pour évaluer notre méthode, nous avons mené une étude empirique basée sur le paradigme GQM *(Goal, Question, Metric)* (Basili et Rombach, 1988). Dans la prochaine section, nous allons présenter les principes de base du paradigme GQM. Par la suite, nous décrirons les expérimentations effectuées, leur déroulement et les résultats obtenus.

6.1 Approche d'évaluation

Dans ce projet, nous avons utilisé une approche d'évaluation basée sur le paradigme GQM. Selon Basili et Rombach (1988), le paradigme GQM est constitué de trois niveaux :

1. Un niveau conceptuel pour définir ce que l'on veut accomplir, ce qui se traduit par la définition des objectifs;
2. Un niveau opérationnel pour définir comment atteindre les objectifs, qui se matérialise par la formulation des questions reliées aux objectifs;

3. Un niveau quantitatif représenté par le choix des mesures qui servent à répondre de façon quantitative à chaque question identifiée dans le niveau opérationnel.

Selon Basili, V. R. (1992), le paradigme GQM implique cinq étapes :

4. Élaborer un ensemble d'objectifs;
5. Formuler les questions;
6. Spécifier les mesures nécessaires pour répondre aux questions;
7. Développer des mécanismes pour collecter les données;
8. Collecter, valider et analyser les données.

6.2 Le processus d'évaluation

Le processus d'évaluation de notre artefact est réalisé en deux études empiriques conduites auprès d'experts dans les domaines des processus d'affaires et de l'architecture. La première étude permet d'évaluer l'applicabilité, la simplicité et la pertinence des questions utilisées par notre méthode. La deuxième étude permet d'évaluer la pertinence et l'exactitude des services identifiés par notre méthode. Les sections suivantes présentent la conception et le déroulement de chacune des expérimentations. Les résultats de ces expérimentations y sont illustrés et interprétés.

6.2.1 Données expérimentales

Pour réaliser les deux études empiriques, nous avons consulté une vingtaine de processus d'affaires du catalogue du système intégré SAP (Magal et Word, 2011), le manuel MIT (Malone et al., 1999) ainsi que les processus du manuel de Hruby (2006). À partir de ces catalogues, nous avons sélectionné cinq processus d'affaires provenant de différents domaines d'affaires. Le tableau 6.1 présente la liste et la classification de ces processus.

Pour assurer que les expérimentations s'appliquent à des modèles complets, les modèles des processus en BPMN utilisés ont été vérifiés par un expert BPMN afin de valider leur syntaxe. Ces modèles sont présentés en appendice A.

Tableau 6.1 Classification des processus expérimentaux.

Code du processus	Processus expérimental	Classification ERP du processus
P1	Approvisionnement	Achat
P2	Vente et Distribution	Vente
P3	Vente en ligne	Vente
P4	Processus prêt bancaire	Finance
P5	Service et maintenance	Service

6.2.2 Évaluation des questions utilisées par la méthode

Un des objectifs de notre méthode d'identification des services est la facilité d'utilisation. L'objectif de cette première expérimentation est de valider que les questions utilisées par notre méthode sont :

1. Applicables dans le contexte de différents processus d'affaires;
2. Faciles à répondre par un expert du domaine d'affaires;
3. Pertinentes dans le contexte du processus.

Pour valider ces affirmations, nous avons procédé à trois évaluations. Le contexte de cette étude est déterminé par :

1. Les cinq processus d'affaires sélectionnés et présentés dans le tableau 6.1;
2. Les questions utilisées par notre méthode;
3. Les experts en analyse d'affaires qui ont évalué l'applicabilité, la simplicité et la pertinence des questions utilisées par notre méthode.

6.2.2.1 Sélection des participants

Pour évaluer l'applicabilité, la simplicité et la pertinence des questions utilisées par notre méthode, nous avons approché cinq analystes d'affaires qui ont une solide expertise en modélisation avec BPMN et des connaissances approfondies de l'approche BPM (*Business Process Management*) et des processus d'affaires sélectionnés. Les analystes sélectionnés ont à leur actif plus d'une dizaine d'années d'expérience en analyse de SI ou en analyse d'affaires et proviennent de différents secteurs d'activités tels que le secteur industriel, celui des finances et celui des services publics.

- L'expert 1 est un analyste d'affaires qui se spécialise dans les processus du secteur financier. Il est diplômé d'une institution canadienne reconnue mondialement dans le domaine de la gestion et des finances. Il travaille actuellement pour une grande banque canadienne. Il accumule plus de 10 ans d'expérience au sein des banques d'investissement et de gestion des capitaux.
- L'expert 2 est un consultant d'expérience qui offre des services-conseils en analyse d'affaires pour les systèmes intégrés SAP. Il travaille depuis plusieurs années sur des projets d'implantation de solution SAP au sein de grandes organisations québécoises et canadiennes.
- L'expert 3 est un analyste d'affaires d'expérience qui a œuvré pendant plus de 30 ans dans plusieurs domaines d'affaires. Il travaille actuellement dans le domaine municipal. Il est affecté essentiellement à des projets de migration et de mise en place des solutions institutionnelles en gestion d'actifs et d'approvisionnement.
- L'experte 4 a occupé plusieurs fonctions en tant qu'analyste d'affaires dans des secteurs d'activités variés. Elle travaille actuellement sur des projets d'amélioration des processus et des systèmes de gestion des finances au sein d'un organisme public.
- L'expert 5 est un analyste d'affaires qui œuvre comme consultant en analyse d'affaires depuis plus de 15 ans. Il a travaillé pour des compagnies dans les

secteurs de l'aéronautique et des finances. Il travaille actuellement sur des mandats de réingénierie de processus pour le compte d'une firme de consultation québécoise.

6.2.2.2 Conception de l'expérimentation

Pour concevoir la première étude, nous avons codifié les quatre questions utilisées par la méthode. Ces questions sont destinées aux utilisateurs lors du processus d'identification des services. L'expérimentation vise à évaluer l'*applicabilité*, la *pertinence* et la *simplicité* des quatre questions. Le tableau 6.2 présente cette codification ainsi que le libellé des questions.

Tableau 6.2 Codification des questions

Question (Qi)	Libellé
Q1	Pourriez-vous identifier les ressources économiques dans le digramme BPMN du processus « P »?
Q2	Est-ce que l'échange dans le processus « P » est régi par une entente?
Q3	Pourriez-vous identifier dans le digramme BPMN du processus « P » la dernière activité qui permet d'établir le lien d'affaires direct « un à un » avec le partenaire?
Q4	Pourriez-vous identifier dans le digramme BPMN du processus « P », les messages de type « réponse requise »?

Selon le paradigme GQM, nous devons identifier des objectifs qui vont permettre d'évaluer les questions utilisées par notre méthode d'identification des services SOA (c.-à-d. les questions Q1, Q2, Q3 et Q4 présentées au tableau 6.2). En nous basant sur les trois critères à respecter pour chaque question (c.-à-d. l'applicabilité, la pertinence et la simplicité), nous avons identifié trois objectifs. Pour chaque objectif, nous avons

défini une question de recherche (QR). Le questionnaire destiné aux experts comporte trois questions de recherche (c.-à-d. QR1, QR2 et QR3) pour chacun des processus sélectionnés. Une colonne supplémentaire permet aux experts d'ajouter des commentaires lorsqu'ils jugent que c'est nécessaire.

1) Évaluation de l'applicabilité des questions

Le premier objectif est d'évaluer, selon le point de vue des experts, l'applicabilité des questions Qi (voir le tableau 6.2) dans le contexte des processus sélectionnés. La question de recherche à laquelle nous devons répondre dans cette étude est la suivante :

QR1 : Est-ce que les questions utilisées dans le cadre de la méthode sont applicables?

Lors de cette évaluation, nous avons présenté aux experts les quatre questions codifiées de Q1 à Q4 (voir le tableau 6.2), ainsi que les modèles en BPMN des processus d'affaires. Ensuite, nous avons demandé aux experts si chacune des questions Qi, lorsqu'elle est instanciée pour un processus particulier (e.g. approvisionnement), est applicable dans le contexte de ce processus (voir le modèle du questionnaire à l'appendice C).

Nous avions donc quatre variables (Q1 à Q4) pour indiquer si la question est applicable pour chaque processus parmi les cinq processus sélectionnés. Ces variables peuvent avoir deux valeurs possibles : la valeur 0 signifie que l'expert a trouvé que la question n'est pas applicable au processus et ne devrait pas être instanciée dans le contexte du processus d'affaires. La valeur 1 signifie que l'expert a trouvé que la question est applicable au processus d'affaires lorsqu'elle est instanciée.

Cette expérimentation comporte alors quatre hypothèses : Hi_0 : La question Qi n'est pas applicable/$Hi_a := \neg Hi_0$; pour i = 1 à 4.

2) Évaluation de la simplicité des questions

Le deuxième objectif est d'évaluer, selon le point de vue des experts, la simplicité des questions Q_i (voir le tableau 6.2) dans le contexte des processus sélectionnés. Nous définissons la simplicité par la capacité de répondre aux questions sans devoir avoir recours à des connaissances techniques en SOA. La question de recherche que nous devons vérifier est la suivante :

QR2 : Est-ce qu'il est facile de répondre aux questions identifiées sans avoir besoin de connaissances techniques en SOA?

Lors de cette évaluation, nous avons présenté aux experts les quatre questions codifiées de Q1 à Q4 (voir le tableau 6.2), ainsi que les modèles en BPMN de processus d'affaires. Ensuite, nous avons demandé aux experts s'il est facile de répondre à chacune des questions Qi, lorsqu'elle est instanciée pour un processus particulier (e.g. approvisionnement), dans le contexte de ce processus (voir le modèle du questionnaire à l'appendice C).

Nous avions alors quatre variables (de Q1 à Q4), pour indiquer s'il est facile de répondre à la question pour chaque processus parmi les cinq processus sélectionnés. Ces variables peuvent avoir deux valeurs possibles : la valeur 0 signifie que l'expert a trouvé que la question est difficile à répondre lorsqu'elle est instanciée dans le contexte du processus d'affaires. La valeur 1 signifie que l'expert a trouvé qu'il est facile de répondre à la question lorsqu'elle est instanciée dans le contexte du processus d'affaires.

Cette expérimentation comporte alors quatre hypothèses : Hi_0 : La question Qi est difficile à répondre/$Hi_a = \neg Hi_0$; pour i = 1 à 4.

3) Évaluation de la pertinence des questions

Le troisième objectif est d'évaluer, selon le point de vue des experts, la pertinence des questions Qi (voir le tableau 6.2). La question de recherche que nous devons vérifier est la suivante :

QR3 : Est-ce que les questions utilisées dans le cadre de la méthode sont pertinentes?

Lors de cette évaluation, nous avons présenté aux experts les quatre questions codifiées de Q1 à Q4 (voir le tableau 6.2), ainsi que les modèles en BPMN des processus d'affaires. Ensuite, nous avons demandé aux experts si chacune des questions Qi, lorsqu'elle est instanciée pour un processus particulier (e.g. approvisionnement), est pertinente dans le cadre de ce processus (voir le modèle du questionnaire à l'appendice C).

Nous avions donc quatre variables (Q_1 à Q_4), pour indiquer si la question est pertinente pour chaque processus parmi les cinq processus sélectionnés. Ces variables peuvent avoir deux valeurs possibles : la valeur 0 signifie que l'expert a trouvé que la question n'est pas pertinente au processus et ne devrait pas être instanciée dans le contexte du processus d'affaires. La valeur 1 signifie que l'expert a trouvé que la question est pertinente lorsqu'elle est instanciée.

Cette expérimentation comporte alors quatre hypothèses : Hi_0 : La question Qi n'est pas pertinente/$Hi_a = \neg Hi_0$; pour i = 1 à 4.

6.2.2.3 Déroulement et résultats de l'expérimentation

Afin de mettre les participants en contexte de cette étude expérimentale, nous avons conçu du matériel (documents et présentations) qui contient les explications sur la portée et le but de ce projet de recherche. Le matériel inclut une description des concepts de l'ontologie REA, un survol de la méthode et des questions utilisées lors de l'application de celle-ci. Les documents mis à la disposition des participants incluent aussi les modèles en BPMN des cinq processus d'affaires sélectionnés pour l'étude.

Après la présentation du matériel, nous avons pris le temps de répondre aux questions supplémentaires ainsi qu'aux demandes de clarification émises par les participants.

Le questionnaire a été conçu pour pouvoir être rempli lors d'une seule séance d'une durée maximale de soixante minutes. Il est structuré de façon à permettre aux experts de répondre aux questions binaires (c.-à-d. celles se répondant par oui/non) et d'émettre des commentaires lorsqu'ils jugent que c'est nécessaire. Un exemple du questionnaire est disponible en appendice C.

1) Résultats de l'évaluation de l'applicabilité des questions

Le tableau 6.3 présente les résultats des évaluations par les experts de l'applicabilité des questions utilisées par notre méthode dans le contexte des cinq processus d'affaires (numérotés de P1 à P5) présentés dans le tableau 6.1.

Tableau 6.3 Résultats de l'applicabilité des questions.

	Q1					Q2					Q3					Q4				
	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Expert 1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Expert 2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Expert 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Expert 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Expert 5	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

À partir des résultats obtenus, les experts ont jugé que les questions Q1, Q3 et Q4 sont applicables dans le contexte des processus sélectionnés. Par conséquent, nous

rejetons les hypothèses nulles $H1_0$, $H3_0$, et $H4_0$ pour accepter leurs hypothèses alternatives.

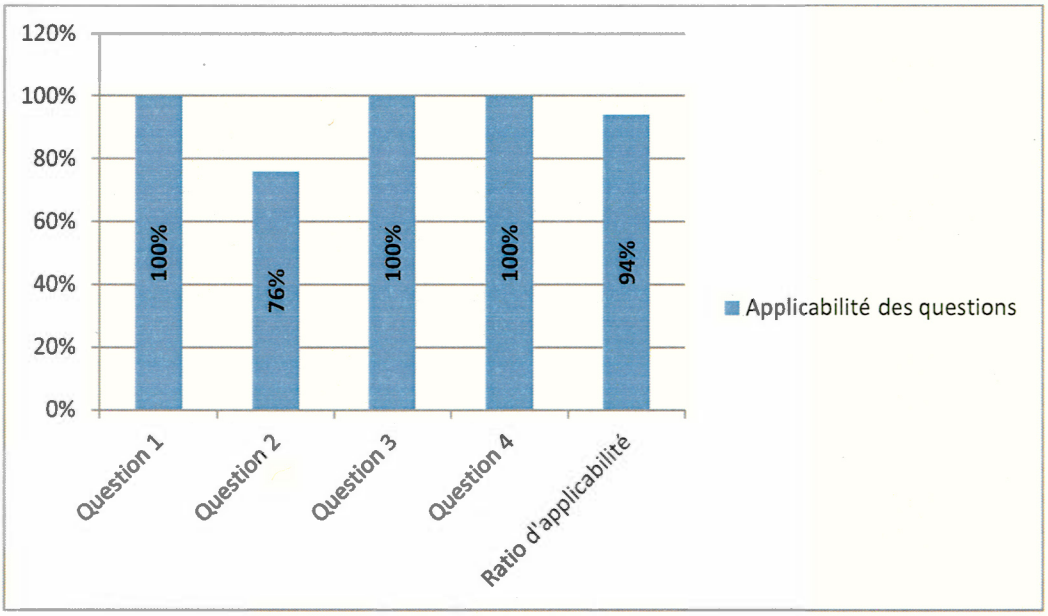

Figure 6.1 Applicabilité des questions.

Au total, sur les cent évaluations, les experts ont confirmé que 94 % des questions sont applicables alors que 6 % ne le sont pas (voir la figure 6.1). En regardant de plus près, les experts 1, 2 et 5, ont jugé que nous devrions aussi inclure les questions qui portent sur l'existence d'un accord entre les partenaires pour les sous-processus de « Distribution » et de « Maintenance ». Nous expliquons ce manque par le fait que notre approche ne traite que des processus d'échange. En effet, selon REA, les processus « Distribution » et « Maintenance » sont des processus de conversion. Le premier change l'attribut « emplacement » des ressources économiques (Hruby, 2006), alors que le second change leur attribut « état » (Hruby, 2006).

2) Résultats de l'évaluation de la simplicité des questions

Le tableau 6.4 présente les résultats des évaluations par les experts de la simplicité des questions utilisées par notre méthode dans le contexte des cinq processus d'affaires présentés dans le tableau 6.1.

Tableau 6.4 Résultats de l'expérimentation de la simplicité des questions.

	Q1					Q2					Q3					Q4				
	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Expert 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Expert 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
Expert 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
Expert 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Expert 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1

À partir des résultats obtenus, les experts ont jugé qu'il est facile de répondre aux questions Q1, Q2 et Q4 dans le contexte des processus sélectionnés. Par conséquent, nous rejetons les hypothèses nulles $H1_0$, $H2_0$, et $H4_0$ pour accepter leurs hypothèses alternatives.

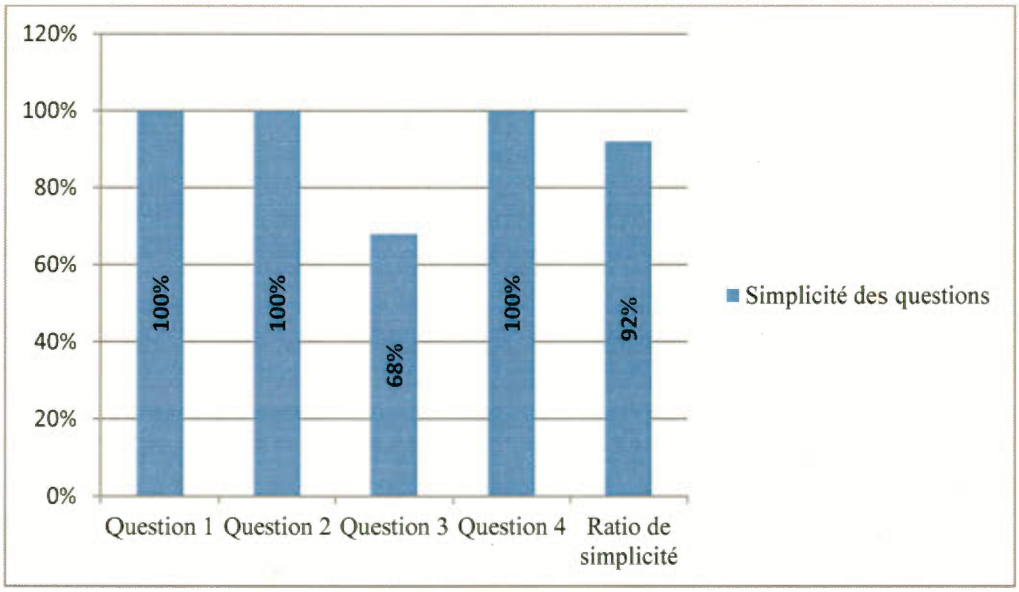

Figure 6.2 Simplicité des questions.

Au total, sur les cent évaluations, les experts ont confirmé qu'il est facile de répondre à 92 % des questions et que ce n'est pas le cas pour 8 % des questions (voir la figure 6.2). En regardant de plus près, les experts ont jugé qu'il est difficile de répondre à la question Q3 dans le cas du processus d'affaires « Vente en ligne » qui est composé de plusieurs sous-processus d'affaires qui impliquent plusieurs partenaires. En effet, l'identification de la dernière activité qui établit le lien « un à un » entre les partenaires ne peut se faire sans ambigüité lorsque les sous-processus lient différents partenaires avec l'organisation. Toutefois, les experts estiment que seules des connaissances métiers du domaine d'affaires sont nécessaires pour réponde à cette question.

3) Résultats de l'évaluation de la pertinence des questions

Le tableau 6.5 présente les résultats des évaluations par les experts de la pertinence des questions utilisées par notre méthode dans le contexte des cinq processus d'affaires présentés dans le tableau 6.1.

Tableau 6.5 Résultats de l'expérimentation sur la pertinence.

	Q1					Q2					Q3					Q4				
	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Expert 1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Expert 2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Expert 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Expert 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Expert 5	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

À partir des résultats obtenus, les experts ont jugé que les questions Q1, Q3 et Q4 sont pertinentes dans le contexte des processus sélectionnés. Par conséquent, nous rejetons les hypothèses nulles $H1_0$, $H3_0$, et $H4_0$ pour accepter leurs hypothèses alternatives.

Au total, sur les cent évaluations, les experts ont confirmé que 94 % des questions sont pertinentes alors que 6 % ne le sont pas (voir la figure 6.3).

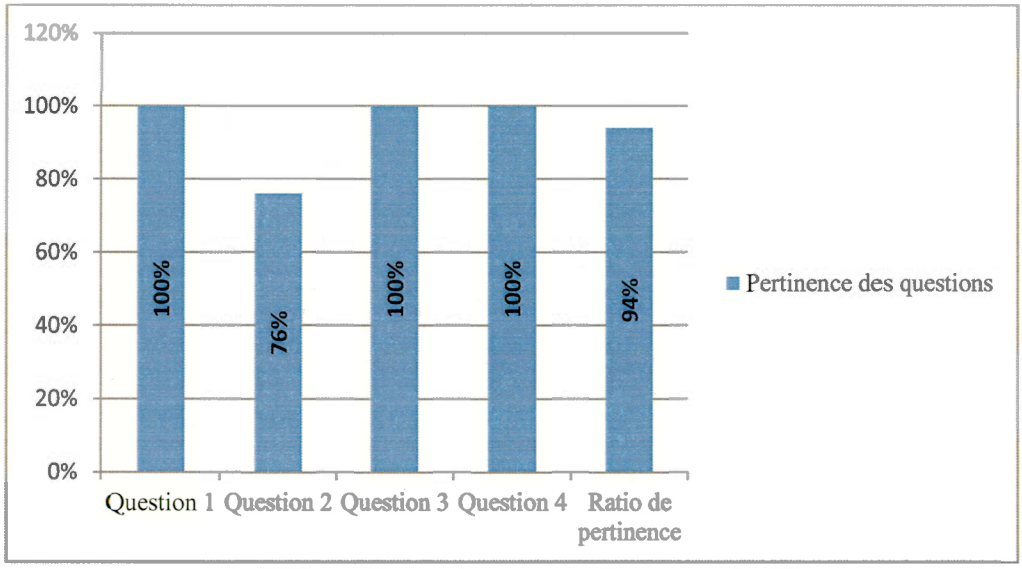

Figure 6.3 Pertinence des questions.

L'analyse détaillée de ces résultats révèle que les experts 1, 2 et 5, invoquent les mêmes raisons qu'auparavant lors de l'évaluation de l'applicabilité de cette question et qu'ils ont jugé que nous devons aussi inclure les questions qui portent sur l'existence d'un accord entre les partenaires pour les sous-processus de « Distribution » et de « Maintenance ». Notre explication demeure la même dans ce cas pour les deux processus de conversion « Distribution » et « Maintenance ».

6.2.3 Évaluation des services

Notre méthode vise à identifier des services SOA dans le contexte de différents processus d'affaires et de les associer à un patron d'affaires qui facilitera leur spécification. Les services identifiés serviront à concevoir les SI qui soutiendront les processus d'affaires.

L'objectif de cette expérimentation est d'évaluer :

1. La pertinence des services : cela signifie que les services identifiés permettront de soutenir des activités du processus;

2. L'exactitude de la sémantique d'affaires (*Business Semantic Correctness*) des services;
3. La capacité d'automatiser le processus d'affaires avec les services identifiés.

Pour valider ces points, nous avons procédé à trois évaluations. Le contexte de cette étude est déterminé par :

4. L'ensemble des processus d'affaires sélectionnés;
5. Les services identifiés;
6. Les experts qui ont participé à cette expérimentation.

6.2.3.1 Sélection des participants

Pour évaluer la pertinence et l'exactitude de la sémantique d'affaires des services identifiés ainsi que la capacité d'automatiser les processus d'affaires avec ces services, nous avons invité cinq experts afin de participer à une étude empirique. Les invités accumulent plusieurs années d'expérience en conception des SI dans différents domaines d'affaires et possèdent de solides connaissances du style d'architecture SOA.

Trois experts ont accepté notre invitation, alors que les deux autres invités se sont désistés pour des raisons de disponibilité.

- L'expert 1 est un architecte d'entreprise qui cumule plus de 15 ans d'expérience en architecture logicielle. Présentement, il offre des services-conseils en ingénierie de processus et de logiciel au sein d'une firme de consultation internationale.
- L'expert 2 est un architecte de solution qui, après un passage rapide dans l'industrie du jeu en tant que développeur, a travaillé pendant plus de 18 ans dans un organisme public qui offre des produits récréatifs au Québec. Actuellement, il

est impliqué dans différents mandats de conception et d'amélioration des systèmes qui gèrent l'offre de services aux citoyens d'une grande municipalité du Québec.

- L'expert 3 est un architecte de solutions et un expert du progiciel des systèmes intégrés EBS d'Oracle. Durant sa carrière de plus 20 ans, il a participé à des projets d'implantation de solutions d'affaires pour différents clients dans plusieurs pays. Actuellement, il fait partie d'une équipe multidisciplinaire qui travaille sur des projets de modernisation de processus d'approvisionnement, de finances et de gestion des actifs dans le monde municipal.

6.2.3.2 Conception de l'expérimentation

Pour réaliser cette étude, nous avons codifié les 36 services SOA identifiés par notre méthode à partir des modèles de processus sélectionnés (tableau 6.1). Le tableau 6.6 montre les services identifiés et leur codification.

Tableau 6.6 Codification des services identifiés

Processu	Codification	Nom du service	Patrons d'affaires
P1	S1	Service Réception Produit	Échange
	S2	Service Transfert Paiement	Échange
	S3	Service Soumission	Contrat/Engagemen
	S4	Service Contrat	Contrat/Engagemen
	S5	Service Facture	Créance/Créance
P2	S6	Service Transfert Produit	Échange
	S7	Service Réception Paiement	Échange
	S8	Service Soumission	Contrat/Engagemen
	S9	Service Contrat	Contrat/Engagemen
	S10	Service Facture	Créance/Créance
	S11	Service Expédition	Échange
	S12	Service Transfert Paiement	Échange
	S13	Service Réception Service	Contrat/Engagemen
	S14	Service Traitement Accusé-	Créance/Créance
	S15	Service Facture	Créance/Créance
P3	S16	Service Réception Paiement	Échange
	S17	Service Transfert Produit	Échange
	S18	Service Envoi Numéro-suivi	Créance/Créance
	S19	Service Transfert Paiement	Échange
	S20	Service Expédition	Échange
	S21	Service Demande Collecte Produit	Contrat/Engagemen
	S22	Service Traitement Accusé-	Créance/Créance
	S23	Service Facture	Créance/Créance
	S24	Service Gestion Service bancaire	Échange
	S25	Service Transfert Paiement	Échange
	S26	Service Demande Service bancaire	Contrat/Engagemen
	S27	Service Traitement Relevé bancaire	Créance/Créance
P4	S28	Service Gestion Crédit	Échange
	S29	Service Réception Fonds	Échange
	S30	Service Demande prêt	Contrat/Engagemen
	S31	Service Contrat	Contrat/Engagemen
P5	S32	Service Réception Service	Échange
	S33	Service Transfert paiement	Échange
	S34	Service Soumission	Contrat/Engagemen
	S35	Service Contrat	Contrat/Engagemen
	S36	Service Facture	Créance/Créance

Selon le paradigme GQM, nous devons identifier des objectifs qui vont permettre d'évaluer les services codifiés. Pour cette expérimentation, nous avons identifié trois objectifs :

1. Les services identifiés par notre méthode sont pertinents;
2. La sémantique d'affaires des services identifiés est correcte;
3. Les services identifiés permettent d'automatiser le processus d'affaires.

Pour chaque objectif, nous avons défini une question de recherche (QR). Le questionnaire destiné aux experts comporte trois questions de recherche (c.-à-d. QR1, QR2 et QR3) pour chacun des processus sélectionnés. Une colonne supplémentaire permet aux experts d'ajouter des commentaires lorsqu'ils jugent cela nécessaire.

1) Évaluation de la pertinence des services identifiés

Le premier objectif est d'évaluer, selon le point de vue des experts, la pertinence des services identifiés dans le contexte des processus. Nous définissons la pertinence d'un service Si identifié dans le contexte d'un processus Pj par le fait que le service Si permet de soutenir une ou plusieurs activités du processus Pj et que ces activités ne sont pas déjà soutenues par un autre service. La question de recherche à laquelle nous devons répondre dans cette étude est la suivante :

QR1 : Est-ce que les services identifiés sont pertinents dans le contexte des processus d'affaires?

Lors de cette évaluation, nous avons présenté aux experts la liste des services (voir tableau 6.6). Ensuite, nous avons demandé aux experts si un service particulier (e.g. S1 nommé *Service Réception Produit*) qui est identifié dans le contexte d'un processus particulier (ici approvisionnement), est pertinent dans le contexte de ce processus (voir le modèle du questionnaire à l'appendice D).

Nous avions donc 36 variables (S1 à S36), pour indiquer si le service est pertinent dans le contexte d'un processus d'affaires. Ces variables peuvent avoir deux valeurs possibles : la valeur 0 signifie que le service n'est pas pertinent et ne devrait pas être identifié dans le contexte du processus d'affaires. La valeur 1 signifie que le service est pertinent dans le contexte du processus d'affaires.

Cette expérimentation comporte alors 36 hypothèses : Hi_0 : Le service Si n'est pas pertinent/$Hi_a = \neg Hi_0$; pour i = 1 à 36.

2) Évaluation de l'exactitude de la sémantique d'affaires des services

Le deuxième objectif de cette étude expérimentale est d'évaluer, selon le point de vue des experts, l'exactitude de la sémantique d'affaires des services[4] identifiés (c.-à-d. la sémantique associée à la fonction principale du service). La question de recherche à laquelle nous devons répondre dans cette étude est la suivante :

QR2 : Est-ce que la sémantique d'affaires des services identifiés est correcte?

Pour évaluer l'exactitude de la sémantique d'affaires des services, nous avons présenté aux experts la liste des services codifiés de S1 à S36 (voir le tableau 6.6). Chaque service est associé à une sémantique d'affaires définie par le patron d'affaires qui lui est associé. Par exemple, les services S3 et S4 qui gèrent la soumission et le bon de commande lors d'un échange sont basés sur le patron « Contrat » (Hruby, 2006). Dans ce contexte, nous associons aux services S3 et S4 la sémantique d'affaires définie par le patron d'affaires « Contrat ». Ensuite, nous avons demandé aux experts de déterminer si la sémantique d'affaires associée à un service Si identifié est correcte (voir le modèle du questionnaire à l'appendice D).

[4] La composante sémantique est l'unité d'information définie de manière non ambigüe dans le contexte de l'objectif d'affaire d'une transaction/d'un échange d'affaires. International Organization for Standardization ISO «(ISO15944-1) ISO Information technology: Business operational view- Part 1: Operational aspects of open-edi for implementation», (2011a).

Nous avions donc 36 variables (S1 à S36) pour indiquer si la sémantique d'affaires du service est correcte dans le contexte d'un processus. Ces variables peuvent avoir deux valeurs possibles : la valeur 0 signifie que l'expert a trouvé que la sémantique d'affaires du service n'est pas correcte dans le contexte d'un processus d'affaires. La valeur 1 signifie que l'expert a trouvé que la sémantique d'affaires associée au service est correcte dans le contexte d'un processus d'affaires.

Cette expérimentation comporte alors 36 hypothèses : Hi_0 : la sémantique d'affaires du service Si n'est pas correcte/$Hi_a = \neg Hi0$; pour i = 1 à 36.

3) Évaluation de la capacité d'automatiser le processus avec les services identifiés

Le dernier objectif consiste à évaluer, selon le point de vue des experts, si les services identifiés dans le contexte d'un processus permettent d'automatiser ses activités. La question de recherche à laquelle nous devons répondre dans cette étude est la suivante :

QR3 : Est-ce que les services identifiés à l'aide de la méthode permettent d'automatiser le processus?

Si la réponse est négative, nous avons demandé aux experts d'annoter, selon leur point de vue, les activités de collaboration qui ne sont pas automatisées.

Lors de cette évaluation, nous avons présenté aux experts la liste des services codifiés de S1 à S36 (voir le tableau 6.6). Chaque service est identifié dans le contexte d'un processus d'affaires P_j. Nous leur avons demandé de déterminer si, selon leur point de vue, les services identifiés (e.g. S1 à S5) dans le contexte des processus Pj (e.g. processus d'approvisionnement) permettent d'automatiser ses activités. Si la réponse est négative, nous leur avons demandé d'annoter les activités qui ne sont pas automatisées par les services que nous avons identifiés.

Nous avions donc cinq variables (P_1 à P5), pour indiquer si le processus peut être automatisé avec les services identifiés. Ces variables peuvent avoir deux valeurs

possibles : la valeur 0 signifie que l'expert juge que les services identifiés dans le contexte d'un processus d'affaires permettent de l'automatiser. La valeur 1 signifie que l'expert juge que les services identifiés dans le contexte d'un processus ne permettent pas de l'automatiser. La compilation du nombre d'activités (simples ou complexes) annotées permet de calculer le ratio d'activités qui ne sont pas automatisées par les services identifiés selon l'avis des experts.

Cette expérimentation comporte alors cinq hypothèses : Hj_0 : Le processus Pj ne peut pas être automatisé par les services identifiés/$Hj_a = \neg Hj_0$; pour J = 1 à 5.

6.2.3.3 Déroulement et résultats de l'expérimentation

À l'instar de la première expérimentation, nous avons conçu du matériel (documents et présentations) pour mettre en contexte les participants. La présentation a permis d'expliquer la portée et le but du projet. Les documents mis à la disposition des participants incluent les modèles en BPMN des cinq processus d'affaires sélectionnés et les services SOA identifiés. Après la présentation du matériel, nous avons pris le temps de répondre aux questions supplémentaires ainsi qu'aux demandes de clarification émises par les participants.

Le questionnaire a été conçu pour pouvoir être rempli en une séance d'une heure. Il est structuré de façon à permettre aux experts répondre aux questions binaires (c.-à-d. celle se répondant par oui/non) et d'émettre des commentaires lorsqu'ils jugent que c'est nécessaire. Un exemple du questionnaire est disponible en appendice D.

1) Résultats de l'évaluation de la pertinence des services identifiés

Le tableau 6.7 présente les résultats des évaluations de la pertinence des services identifiés par notre méthode dans le contexte des cinq processus d'affaires du tableau 6.1.

Tableau 6.7 Évaluation de la pertinence des services.

Processus	Service	Expert 1	Expert 2	Expert 3
P1	S1	1	1	1
	S2	1	1	1
	S3	1	1	1
	S4	1	0	1
	S5	1	1	1
P2	S6	1	1	1
	S7	1	1	1
	S8	1	1	1
	S9	1	0	1
	S10	1	1	1
	S11	1	1	1
	S12	1	1	1
	S13	1	1	1
	S14	0	1	1
	S15	1	1	1
P3	S16	1	1	1
	S17	1	1	1
	S18	0	1	1
	S19	1	1	1
	S20	1	1	1
	S21	1	1	1
	S22	0	1	1
	S23	1	1	1
	S24	1	1	1
	S25	1	0	1
	S26	1	0	1
	S27	1	0	1
P4	S28	1	1	1
	S29	1	1	1
	S30	1	1	1
	S31	1	1	1
P5	S32	1	1	1
	S33	1	1	1
	S34	1	1	1
	S35	1	1	1
	S36	1	1	1

À partir des résultats obtenus, les experts ont jugé que tous les services identifiés dans le contexte des processus sélectionnés sont pertinents sauf les services S4, S9, S14, S18, S22, S25, S26 et S27. Dans le contexte de notre expérimentation, nous rejetons toutes les hypothèses nulles pour retenir leurs hypothèses alternatives sauf les hypothèses $H4_0$, $H9_0$, $H14_0$, $H18_0$, $H22_0$, $H25_0$, $H26_0$ et $H27_0$.

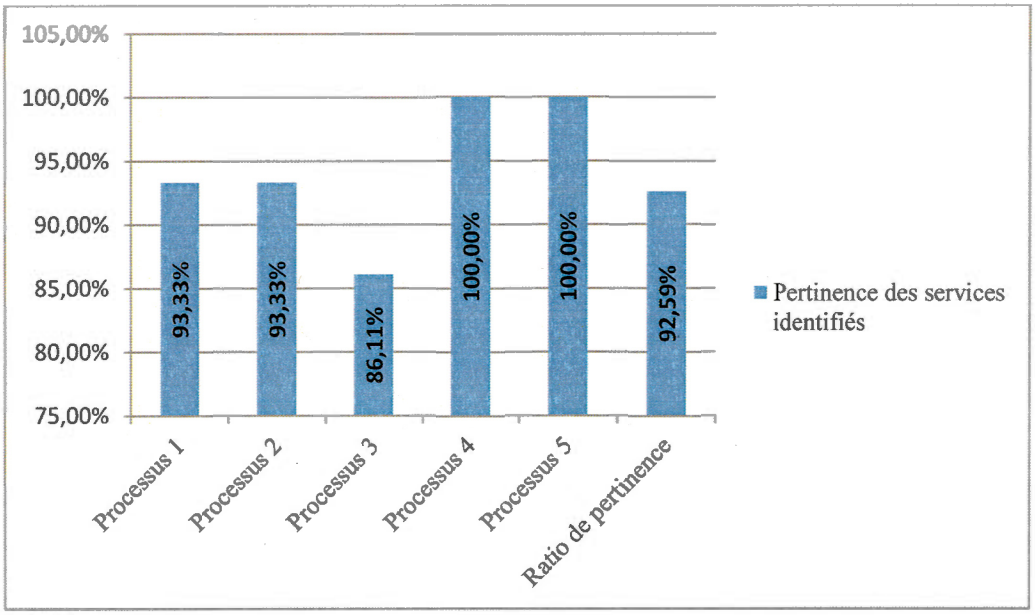

Figure 6.4 Pertinence des services identifiés

Au total, sur les 108 évaluations, les experts ont confirmé que 92,59 % des services identifiés sont pertinents alors que 7,41 % ne le sont pas (voir la figure 6.4).

L'analyse détaillée des résultats révèle que les experts 1 et 2 ont jugé que les activités soutenues par les services S_4, S_9, S_{14}, S_{18}, S_{22}, S_{25}, S_{26} et S_{27}, peuvent être soutenues par des services déjà identifiés. Par exemple, notre méthode a identifié un service d'affaires pour le traitement de la soumission et un autre service d'affaires pour le traitement du bon de commande. L'expert 2 propose de composer les deux services (c.-à-d. service de traitement de la soumission et service de traitement du bon de commande) en un seul service. Nous considérons que ceci représente un compromis de conception.

2) Résultats de l'évaluation de l'exactitude de la sémantique d'affaires du service

Le tableau 6.8 présente les résultats de l'évaluation de l'exactitude de la sémantique d'affaires des services identifiés par notre méthode dans le contexte des cinq processus d'affaires présentés dans le tableau 6.1.

Tableau 6.8 Évaluation de l'exactitude de la sémantique d'affaires des services.

Processus	Service	Expert 1	Expert 2	Expert 3
P1	S1	1	1	1
	S2	1	1	1
	S3	1	0	1
	S4	1	1	1
	S5	1	1	1
P2	S6	1	1	1
	S7	1	1	1
	S8	1	0	1
	S9	1	1	1
	S10	1	1	1
	S11	0	1	1
	S12	1	1	1
	S13	1	1	1
	S14	0	1	1
	S15	1	1	1
P3	S16	1	1	1
	S17	1	1	1
	S18	1	1	1
	S19	1	1	1
	S20	1	1	1
	S21	1	1	1
	S22	0	1	1
	S23	1	1	1
	S24	1	1	1
	S25	1	1	1
	S26	1	1	1
	S27	1	1	1
P4	S28	1	1	1
	S29	1	1	1
	S30	1	1	1
	S31	1	1	1
P5	S32	1	1	1
	S33	1	1	1
	S34	1	0	1
	S35	1	1	1
	S36	1	1	1

À partir des résultats obtenus, les experts ont jugé que la sémantique d'affaires des services identifiés est correcte à l'exception des services S3, S8, S11, S14, S22 et S34. Par conséquent, nous rejetons les hypothèses nulles, sauf les hypothèses $H3_0$, $H8_0$, $H11_0$, $H14_0$, $H22_0$ et $H34_0$, pour retenir leurs hypothèses alternatives.

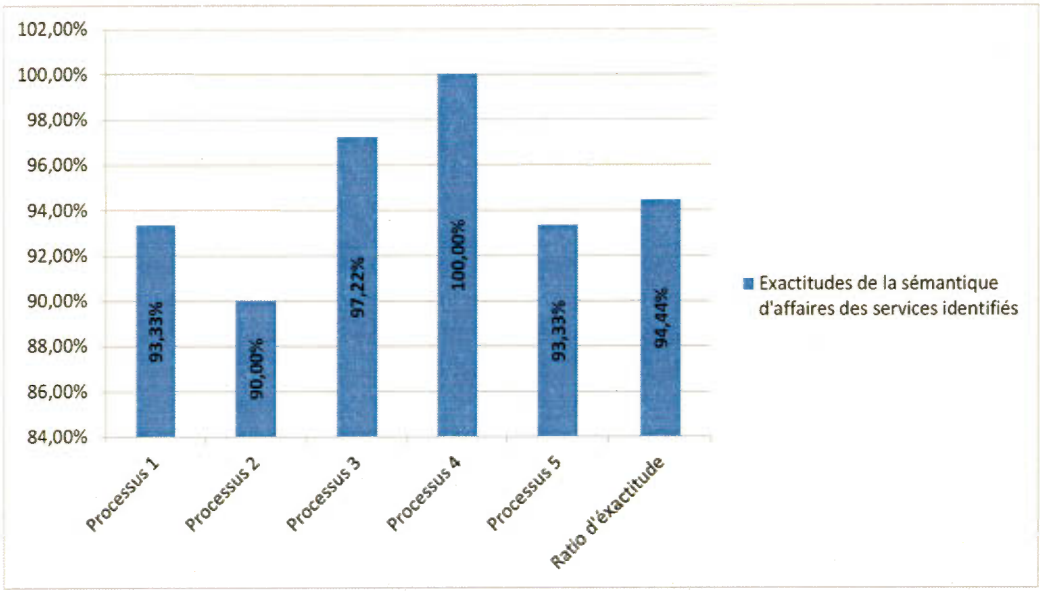

Figure 6.5 Exactitude de la sémantique d'affaires des services.

Au total, sur les 108 évaluations, les experts ont confirmé que dans 94,44 % des cas, la sémantique d'affaires des services est correcte. Dans 5,66 % des cas, les experts jugent que la sémantique d'affaires des services n'est pas correcte (voir la figure 6.5).

En regardant de plus près, l'expert 2 a jugé que la sémantique d'affaires basée sur le patron « Contrat » qui est associé aux services S_3, S_8, et S_{34} (Service *Soumission*), n'est pas correcte. Il explique qu'un contrat implique un engagement mutuel des deux parties alors que durant les échanges d'appels d'offres et de soumissions, l'engagement n'est pas encore établi. Nous partageons l'avis de l'expert 2. Nous avons toutefois associé la sémantique du patron « Contrat » aux services de soumission, car d'un point de vue REA, les demandes d'achat, les appels d'offres et les soumissions partagent la même structure et la même sémantique d'affaires qu'un contrat d'échange (e.g. bon de commande) (Hruby, 2006).

L'expert 1 soutient que le service S_{11} est un service de sous-traitance et non d'échange. L'expert 1 trouve aussi que le modèle de processus devrait être simplifié. Nous comprenons le point de vue de l'expert 1. Nous justifions notre choix par le fait

qu'avec REA, les agents économiques ne peuvent pas échanger des processus d'affaires (Hruby, 2006). En effet, les agents économiques REA échangent seulement des ressources économiques (Hruby, 2006; McCarthy, 1982, 2004). L'expert 1 confirme que même si le flux net des ressources est identique (au niveau des processus), la classification des services de sous-traitance est complexe.

D'un autre côté, l'expert 1 explique que la sémantique d'affaires basée sur le concept de créance que nous avons associé aux services S_{14} et S_{22} n'est pas correcte. Les services S_{14} et S_{22} soutiennent les activités de traitement de l'accusé de réception. Rappelons qu'une créance survient lorsque les événements d'incrément et de décrément des valeurs des ressources économiques échangées ne sont pas instantanés. Nous justifions notre choix par le fait que l'accusé de réception contient les informations nécessaires qui permettent d'établir l'écart entre les valeurs des ressources économiques et de calculer/vérifier le montant de la facture (Hruby, 2006).

3) Résultats de l'évaluation de la capacité d'automatiser le processus d'affaires avec les services identifiés

Le tableau 6.9 présente les résultats de l'évaluation de la capacité d'automatiser les processus par les services identifiés dans le contexte des cinq processus d'affaires présentés dans le tableau 6.1.

Tableau 6.9 Résultats de l'évaluation de la capacité d'automatiser les processus avec les services.

Processus	Codification	Expert 1	Expert 2	Expert 3
Approvisionnement	P1	1	1	1
Vente et Distribution (SD).	P2	1	0	1
Vente en ligne	P3	1	0	0
Prêt bancaire	P4	1	1	1
Service et maintenance	P5	1	1	1

À partir des résultats obtenus, les experts ont jugé que les processus P1, P4 et P5 peuvent être automatisés à l'aide les services identifiés par notre méthode. Par conséquent, nous rejetons les hypothèses nulles $H1_0$, $H4_0$, et $H5_0$, pour retenir leurs hypothèses alternatives.

La figure 6.6 présente les résultats de la compilation du nombre d'activités annotées par les experts (c.-à-d. les activités qui ne sont pas automatisées par les services identifiés par notre méthode).

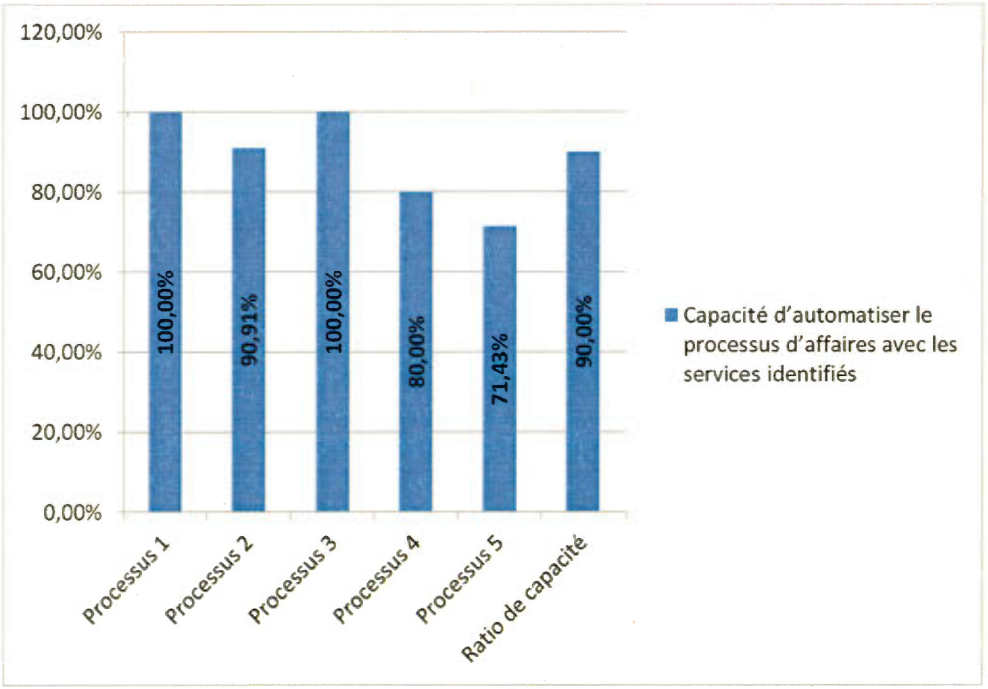

Figure 6.6 Capacité d'automatiser le processus d'affaires avec les services.

Au total, les experts jugent que les activités des processus sélectionnés peuvent être automatisées dans une proportion totale de 90 %. Une proportion de 10 % d'activités a été annotée par les experts parce que ces derniers jugent qu'elles ne seront pas automatisées par les services identifiés. Nous avons analysé de plus près les activités annotées par les experts et nous avons conclu que ces activités sont soit :

1. Des activités appartenant à des sous-processus de conversion qui se trouvent dans la chaîne de valeur du processus sélectionné (e.g. le processus de distribution et le processus de maintenance). Rappelons que nous avons intentionnellement ignoré ces activités, car notre méthode ne traite par les processus de conversion.
2. Des activités qui n'apparaissent pas dans le modèle BPMN du processus sélectionné. En effet, certaines activités ne sont pas visibles pour deux raisons : i) elles font partie d'une activité conçue sous forme d'un sous-processus BPMN et/ou ii) elles font partie d'un autre sous-processus séparé du processus principal (e.g. remboursement de prêt bancaire).

6.3 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les résultats de deux études empiriques. La première a permis l'évaluation des questions utilisées par notre méthode d'identification des services dans le contexte de cinq processus d'affaires. La deuxième étude a permis l'évaluation des services identifiés par notre méthode dans le contexte de ces cinq processus d'affaires.

Les résultats de la première étude empirique ont démontré que nous avons atteint notre premier objectif de concevoir une méthode d'identification des services SOA à partir de modèles de processus d'affaires qui est facile à utiliser sans nécessiter de connaissances techniques. Les résultats de la deuxième étude confirment que i) les services identifiés par notre méthode sont pertinents, que ii) les patrons d'affaires qui leur sont associés permettent leur spécification et que iii) les services identifiés permettent d'automatiser les processus d'affaires.

CONCLUSION ET RÉFLEXION SUR LES TRAVAUX FUTURS

Dans ce travail de recherche, nous avons présenté une nouvelle méthode qui permet à un analyste d'affaires d'identifier des services à partir d'un modèle de processus d'affaires exprimé en BPMN. Afin de conclure, nous allons présenter une synthèse des contributions de ce projet et nos travaux en perspective.

6.4 Contributions

La contribution principale de ce projet est l'élaboration d'une méthode semi-automatique pour l'identification de services SOA à partir de modèles de processus d'affaires. Les services SOA identifiés peuvent être élaborés pour mettre en œuvre des SI qui vont soutenir les activités des processus d'affaires. Par exemple, les services identifiés peuvent être i) utilisés pour la conception d'un SI à base d'architecture orientée-services (monolithique ou micro-service), ii) associés à des activités de processus d'affaires pour les automatiser avec l'approche de gestion de processus d'affaires (BPM), ou iii) utilisés pour automatiser des processus de collaboration interorganisationnels avec le langage d'exécution BPEL (*Business Process Execution Language*) (Pasley, 2005).

Les résultats de l'évaluation de notre méthode menée auprès d'experts confirment que notre méthode est :

- Générique, car elle peut s'appliquer à des processus d'affaires provenant de différents domaines d'affaires. La seule exigence ou contrainte de notre méthode est le choix d'un processus d'affaires BPMN valide.

- Facile à mettre en œuvre par des utilisateurs qui n'ont pas nécessairement des connaissances du style architectural SOA ou de l'approche BPM. Ainsi, un analyste d'affaires ou un concepteur de processus en BPMN peut s'approprier notre méthode et l'appliquer dans le contexte de son organisation. Notons aussi que l'utilisateur de notre méthode peut simplement sélectionner un processus à partir d'un catalogue de processus en BPMN afin de dériver des services SOA.

Ce travail de recherche est un pas en avant pour réduire l'écart entre les couches de processus d'affaires et des applications qui les supportent. Plus précisément, notre méthode permet d'obtenir des modèles de conception de SI (exprimés en SoaML) à partir des modèles de processus d'affaires (exprimés en BPMN). Toutefois, notre méthode se limite à l'identification des services pour les processus d'échange et n'inclut pas la spécification et l'élaboration des services identifiés. La section suivante énumère les travaux futurs que nous avons identifiés pour la continuité des efforts de recherche.

6.5 Travaux futurs

Nous avons proposé dans ce travail une approche semi-automatique qui permet d'identifier des services à partir de modèles de processus d'affaires. Par ce travail de recherche, nous avons montré qu'il est possible de réduire l'écart entre les processus d'affaires et les SI qui les soutiennent par une approche transformationnelle facile à mettre en place par des utilisateurs n'ayant pas nécessairement des connaissances techniques approfondies (e.g. analystes d'affaires ou de processus). Cependant, il reste des points à traiter pour compléter cette approche :

1) Identification des services pour les processus de conversion

La solution proposée dans ce projet de recherche se limite à identifier les services à partir de processus d'échange. Dans une version future, nous prévoyons étendre la méthode pour supporter les processus de conversion.

Nous prévoyons y parvenir à travers i) l'analyse de processus d'affaires de type *conversion* à partir de référentiels de processus tels que le MIT Process Handbook (Malone et al., 1999), le manuel de Hruby (2006) et les modèles de référence (*blueprints*) du progiciel SAP et ii) l'analyse détaillée des patrons d'affaires qui s'appliquent au processus de conversion (e.g. *conversion, planning*).

2) Spécification des services

Dans ce travail de recherche, nous nous sommes limités à identifier les services SOA et à les associer à des patrons d'affaires. Dans les travaux futurs, nous prévoyons élaborer ces services avec le langage SoaML (de l'anglais *Service Oriented Architecture Modeling Language*). Ce langage est une extension du langage UML (OMG, 2012) pour spécifier les services dans le contexte d'une architecture SOA.

Pour élaborer les services, nous prévoyons utiliser la spécification des patrons d'affaires que nous avons associés aux services identifiés. Nous avons un exemple de spécification à la conférence ICEBE (IEEE International Conference on e-Business Engineering) (Blal et Leshob, 2017).

3) Mise en œuvre d'un outil

Dans la version actuelle, nous avons mis en œuvre une preuve de concept basée sur des tests unitaires en Java sous la plateforme Eclipse. La preuve de concept est basée sur l'utilisation du cadre de modélisation *Eclipse Modeling Framework* (EMF). Les principes de la conception architecturale sont présentés dans le travail (Blal et

Leshob, 2017). Nous travaillons actuellement sur la conception et la mise en œuvre d'un outil électronique Web qui permettra de soutenir notre méthode.

6.6 Conclusion

Ce travail de recherche constitue un pas de plus pour faire avancer les efforts de recherche qui visent à réduire l'écart entre les processus d'affaires et les SI qui les soutiennent. En offrant aux analystes la possibilité d'identifier (semi-) automatiquement des services SOA à partir de modèle de processus, nous espérons contribuer à nous rapprocher de l'objectif de développement de SI à partir de modèles de processus d'affaires. Cette contribution est un point de départ pour inspirer d'autres projets de recherche dans ce domaine. Lors de l'édition 2017 de la conférence internationale ICEBE (*EEE International Conference on e-Business Engineering*), nous avons partagé les résultats et les réflexions de notre recherche par l'entremise d'un article scientifique (Blal et Leshob, 2017). Alors que notre méthode s'est avérée prometteuse, plusieurs défis de recherche devront être relevés dans le futur.

APPENDICE A

MODÉLES DE PROCESSUS D'AFFAIRES

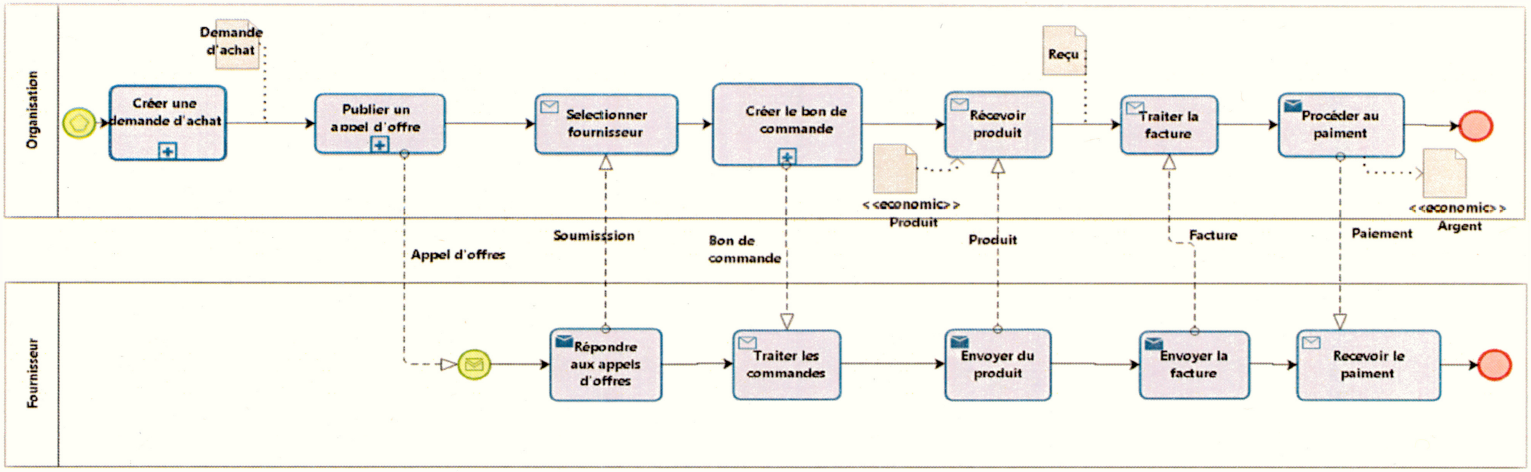

Figure A.1 Modèle du processus d'approvisionnement

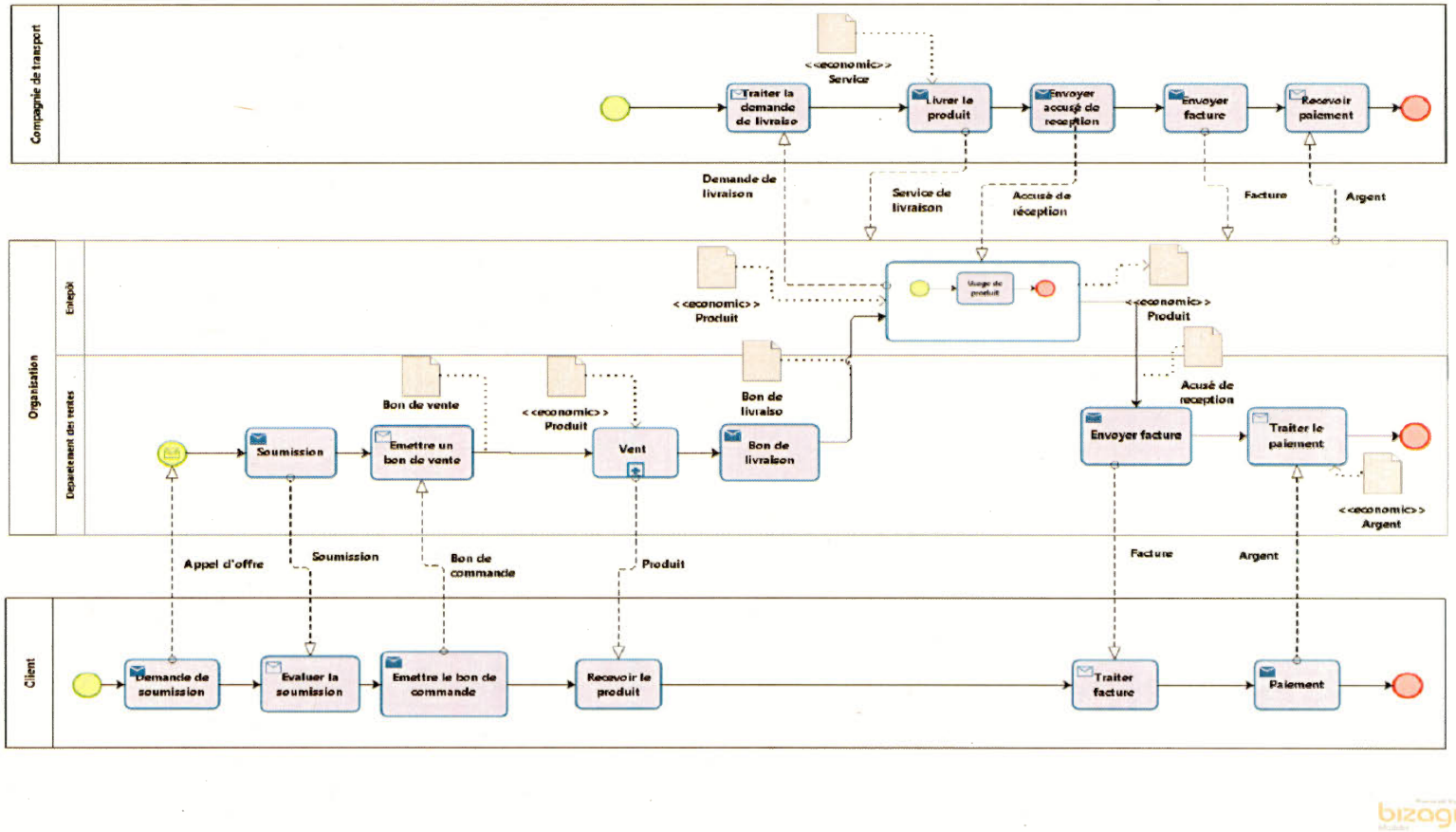

Figure A.2 Processus Vente & Distribution.

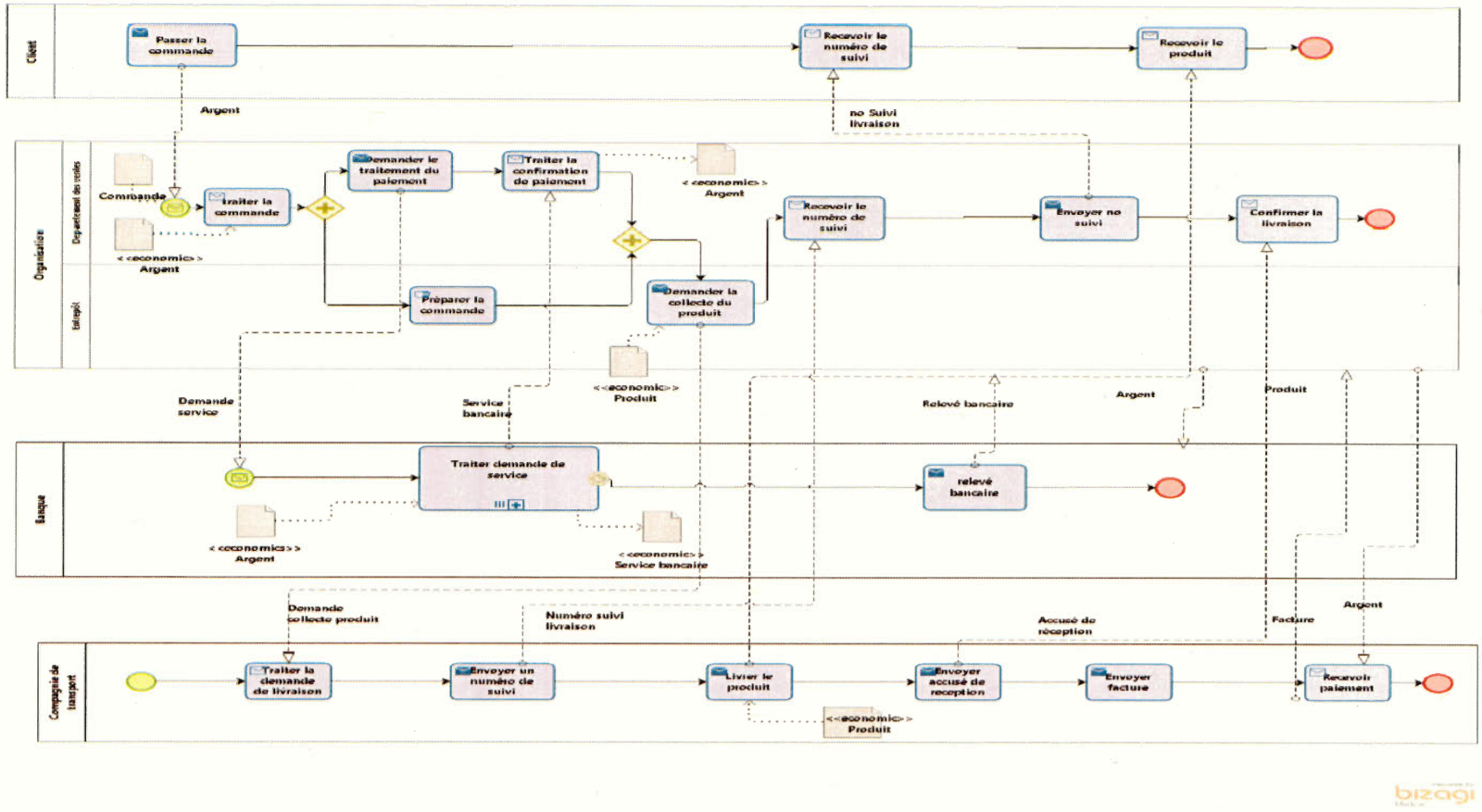

Figure A.3 Processus Vente en ligne.

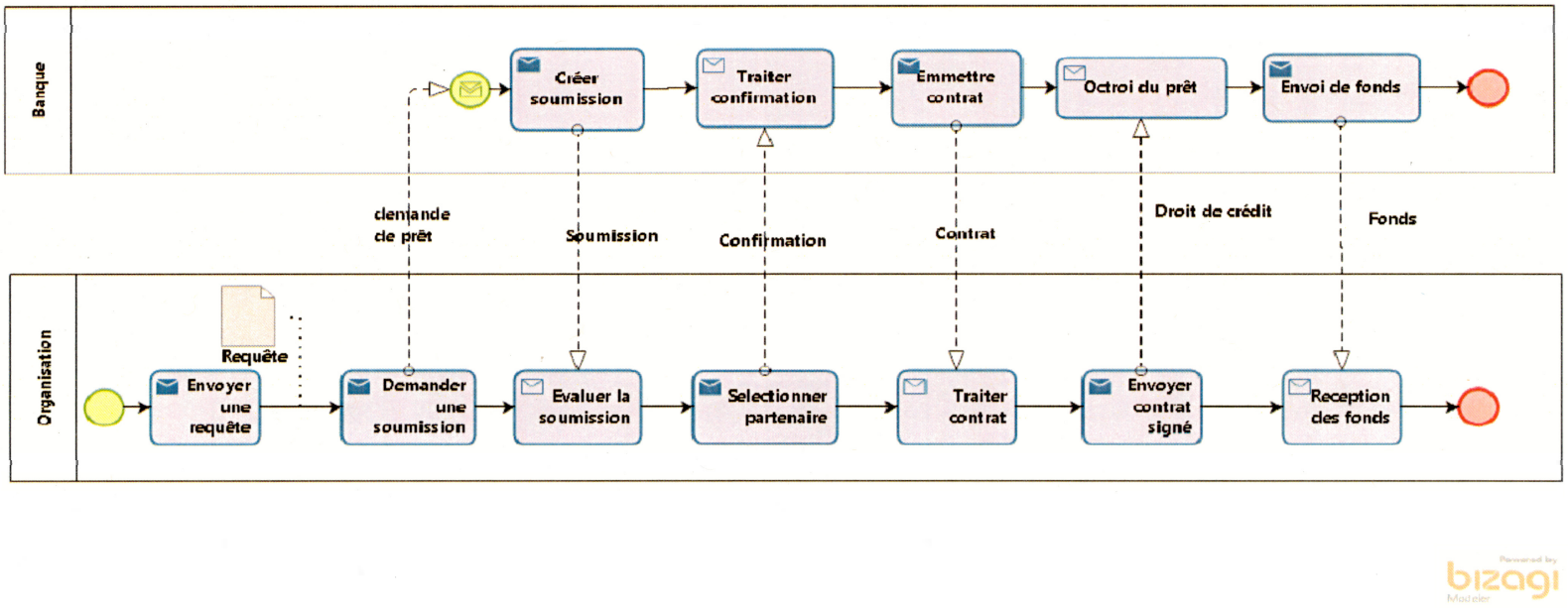

Figure A.4 Processus Prêt bancaire.

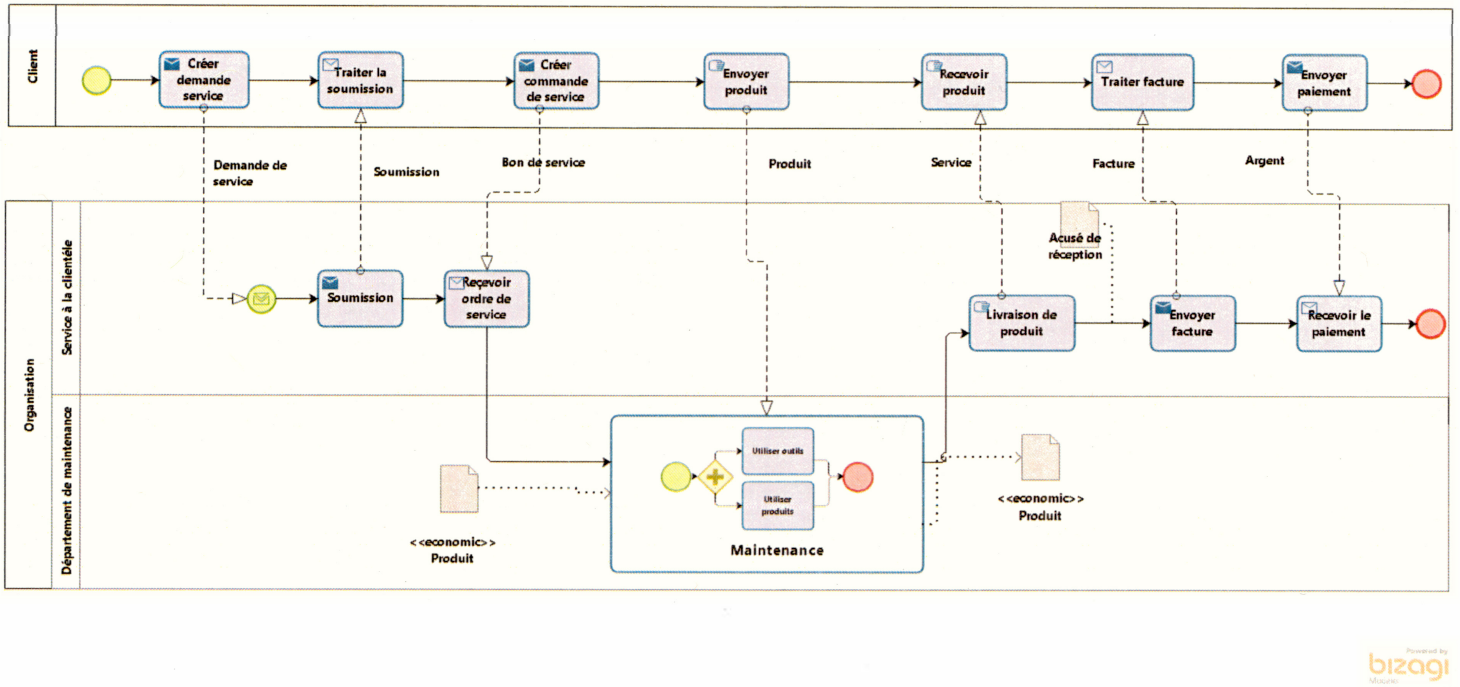

Figure A.5 Processus Service et maintenance.

APPENDICE B

APPLICATION DE LA METHODE AUX PROCESSUS

Tableau B.1 Analyse des messages à partir du modèle de processus « Approvisionnement »

Processus	Sous processus -(CVP)	Messages échangés	Type de message	Phase de collaboration	Si	Services	Patron REA (Utilité d'affaires)
Approvisionnement	Approvisionnement	Produit	NA	Actualisation	S1	Service Réception Produit	Échange
		Paiement	NA	Actualisation	S2	Service Transfert Paiement	Échange
		Appel d'offres	Lié	Identification	S3	Service Soumission	Contrat / engagement
		Soumission	Lié	Identification			
		Bon de commande	One way	Négociation	S4	Service Contrat	Contrat / engagement
		Facture	One way	Actualisation	S5	Service Facture	Créance / Créance matérialisée

Tableau B.2 Analyse des messages à partir du modèle de processus « Vente & Distribution »

Processus	Sous processus - (CVP)	Messages échangées	Type de message	Phase de collaboration	Si	Services	Patron REA (Utilité d'affaires)
Vente & Distribution	Vente	Produit	NA	actualisation	S1	Service Transfert Produit	Échange
		Paiement	NA	actualisation	S2	Service Réception Paiement	Échange
		Appel d'offres	Lié	identification	S3	Service Soumission	Contrat / engagement
		Soumission	Lié	identification			
		Bon de commande	One way	négociation	S4	Service Contrat	Contrat / engagement
		facture	One way	actualisation	S5	Service Facture	Créance / Créance matérialisée
	Distribution	Service Livraison	NA	actualisation	S6	Service Gestion Livraison	Échange
		paiement	NA	actualisation	S7	Service Transfert Paiement	Échange
		Demande de livraison	One way	négociation	S8	Service Réception Service	Contrat / engagement
		Accusé de réception	One way	actualisation	S9	Service Envoi Accusé-réception	Créance / Créance matérialisée
		facture	One way	actualisation	S10	Service Facture	Créance / Créance matérialisée

Tableau B.3 Analyse des messages à partir du modèle de processus « Vente en ligne »

Processus	Sous processus - (CVP)	Messages échangées	Type de messages	Phase de collaboration	Si	Services	Patron REA (Utilité d'affaires)
Vente en ligne	Vente	Paiement	NA	actualisation	S1	Service Réception Paiement	Échange
		Produit	NA	actualisation	S2	Service Transfert Produit	Échange
		No suivi livraison	One way	actualisation	S3	Service Envoi No-suivi	Créance / Créance matérialisée
	Livraison	Paiement (frais livraison)	NA	actualisation	S4	Service Transfert Paiement	Échange
		No suivi livraison	NA	actualisation	S5	Service Expédition	Échange
		Demande collecte produit	One way	négociation	S6	Service Demande Collecte Produit	Contrat / engagement
		accusé réception	One way	actualisation	S7	Service Traitement Accusé-réception	Créance / Créance matérialisée
		facture (livraison)	One way	actualisation	S8	Service Facture	Créance / Créance matérialisée

Processus	Sous processus - (CVP)	Messages échangées	Type de messages	Phase de collaboration	Si	Services	Patron REA (Utilité d'affaires)
	Paiement en ligne	service bancaire	NA	Échange	S9	Service Gestion Service bancaire	Échange
		paiement (frais bancaire)	NA	Échange	S10	Service Transfert Paiement	Échange
		demande service bancaire	One way	négociation	S11	Service Demande Service bancaire	Contrat / engagement
		relevé bancaire	One way	actualisation	S12	Service Traitement relevé bancaire	Créance / Créance matérialisée

Tableau B.4 Analyse des messages à partir du modèle de processus « Prêt bancaire »

Processus	Sous processus - (CVP)	Messages échangés	Type de messages	Phase de collaboration	Si	Services	Patron REA (Utilité d'affaires)
Prêt bancaire	Prêt bancaire	Droit de crédit	NA	actualisation	S1	Service Gestion Crédit	Échange
		Fonds	NA	actualisation	S2	Service Réception Fonds	Échange
		Demande de prêt	Lié	Identification	S3	Service Demande prêt	Contrat / engagement
		Soumission	Lié	Identification			
		contrat	Lié	négociation	S4	Service Contrat	Contrat / engagement
		Acceptation	Lié	négociation			

Tableau B.5 Analyse des messages à partir du modèle de processus « Service et maintenance »

Processus	Sous processus - (CVP)	Messages échangés	Type de messages	Phase de collaboration	Si	Services	Patron REA (Utilité d'affaires)
Service et maintenance	Service	Service	NA	actualisation	S1	Service Réception Service	Échange
		Paiement	NA	actualisation	S2	Service Transfert paiement	Échange
		Demande de service	Lié	négociation	S3	Service Soumission	Contrat / engagement
		Soumission	Lié	négociation			
		Bon de service	One way	négociation	S4	Service Contrat	Contrat / engagement
		Facture	One way	actualisation	S5	Service Facture	Créance / Créance matérialisée
	Maintenance	Produit	NA	NA	NA	NA	Conversion

APPENDICE C

QUESTIONNAIRE D'EVALUATION DES QUESTIONS

Tableau C.6 Questions à évaluer

Q1	Pouvez-vous annoter les ressources économiques du modèle BPMN?
Q2	Existe-t-il un accord régissant le processus d'échange?
Q3	Pouvez-vous identifier la dernière activité qui établit le lien direct avec le partenaire dans le modèle BPMN?
Q4	Pouvez-vous annoter les messages de type «Request Response» dans le modèle BPMN?

Tableau C.1 Questionnaire générique (selon un processus P) pour évaluer les questions utilisées par la méthode.

Questionnaire	Selon vous, dans le contexte du processus **P**, est-ce que la question utilisée dans le cadre de la méthode est applicable? sinon ajouter vos commentaires.	Commentaires	Selon vous, dans le contexte du processus **P**, est-ce qu'il est facile de répondre à la question utilisée dans le cadre de la méthode sans avoir besoin de connaissances techniques en SOA? sinon ajouter vos commentaires.	Commentaires	Selon vous, dans le contexte du processus **P**, est-ce que la question utilisée dans le cadre de la méthode est pertinente ? sinon ajouter vos commentaires.	Commentaires
Q1	Oui ☐ Non ☐		Oui ☐ Non ☐		Oui ☐ Non ☐	
Q2	Oui ☐ Non ☐		Ou ☐ Non ☐		Oui ☐ Non ☐	
Q3	Oui ☐ Non ☐		Oui ☐ Non ☐		Oui ☐ Non ☐	
Q4	Oui ☐ Non ☐		Oui ☐ Non ☐		Oui ☐ Non ☐	

APPENDICE D

QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION DES SERVICES

Tableau D.1 Questionnaire pour évaluer les services identifiés par processus d'affaires : Processus « Approvisionnement »

Question 1	**Nom Service**	**Code Service**	**Oui / Non**	**Sinon pour expliquer pourriez-vous ajouter des commentaires.**
Selon vous, est ce que les services identifiés sont-ils pertinents dans le contexte du processus **Approvisionnement** ?	Service Réception Produit	**S1**	Oui ☐ Non ☐	
	Service Transfert Paiement	**S2**	Oui ☐ Non ☐	
	Service Soumission	**S3**	Oui ☐ Non ☐	
	Service Contrat	**S4**	Oui ☐ Non ☐	
	Service Facture	**S5**	Oui ☐ Non ☐	
Question 2	**Nom Service**	**Code Service**	**Oui / Non**	**Sinon pour expliquer pourriez-vous ajouter des commentaires.**
Selon vos, dans le contexte du processus d'**approvisionnement**, est ce que la sémantique d'affaires associée aux services identifiés est	Service Réception Produit	**S1**	Oui ☐ Non ☐	
	Service Transfert Paiement	**S2**	Oui ☐ Non ☐	

correcte?	Service Soumission	**S3**	Oui ☐ Non ☐	
	Service Contrat	**S4**	Oui ☐ Non ☐	
	Service Facture	**S5**	Oui ☐ Non ☐	

Question 3	**Oui / Non**	**Sinon pouvez-vous identifier et annoter quelles activités du processus d'approvisionnement ne seront pas automatisées ?**
Pouvons-nous automatiser les activités du processus d'**approvisionnement** à l'aide de services identifiés?	Oui ☐ Non ☐	

Tableau D.2 Questionnaire pour évaluer les services identifiés par processus d'affaires : Processus « Vente & Distribution»

Question 1	**Nom Service**	**Code Service**	**Oui / Non**	**Sinon pour expliquer pourriez-vous ajouter des commentaires.**
Selon vous, est ce que les services identifiés sont-ils pertinents dans le contexte du processus **Vente & Distribution** ?	Service Réception Produit	**S6**	Oui ☐ Non ☐	
	Service Transfert Paiement	**S7**	Oui ☐ Non ☐	
	Service Soumission	**S8**	Oui ☐ Non ☐	
	Service Contrat	**S9**	Oui ☐ Non ☐	
	Service Facture	**S10**	Oui ☐ Non ☐	
Question 2	**Nom Service**	**Code Service**	**Oui / Non**	**Sinon pour expliquer pourriez-vous ajouter des commentaires.**
Selon vos, dans le contexte du processus de **Vente & Distribution**, est ce que la sémantique d'affaires associée aux services identifiés est correcte?	Service Réception Produit	**S6**	Oui ☐ Non ☐	
	Service Transfert Paiement	**S7**	Oui ☐ Non ☐	
	Service Soumission	**S8**	Oui ☐ Non ☐	
	Service Contrat	**S9**	Oui ☐ Non ☐	
	Service Facture	**S10**	Oui ☐ Non ☐	
Question 3	**Oui / Non**			**Sinon pouvez-vous identifier et annoter quelles activités du processus Vente & Distribution ne seront pas automatisées ?**
Pouvons-nous automatiser les activités du processus **Vente & Distribution** à l'aide de services identifiés?	Oui ☐ Non ☐			

Tableau D.3 Questionnaire pour évaluer les services identifiés par processus d'affaires : Processus « Vente en ligne »

Question 1	**Nom Service**	**Code Service**	**Oui / Non**	**Sinon pour expliquer pourriez-vous ajouter des commentaires.**
Selon vous, est ce que les services identifiés sont-ils pertinents dans le contexte du processus **Vente en ligne** ?	**S16**	Actualisation	Oui ☐ Non ☒	
	S17	Actualisation	Oui ☐ Non ☒	
	S18	Actualisation	Oui ☐ Non ☒	
	S19	Actualisation	Oui ☐ Non ☒	
	S20	Actualisation	Oui ☐ Non ☒	
	S21	Négociation	Oui ☐ Non ☒	
	S22	Actualisation	Oui ☐ Non ☒	
	S23	Actualisation	Oui ☐ Non ☒	
	S24	Actualisation	Oui ☐ Non ☐	
	S25	Actualisation	Oui ☐ Non ☐	
	S26	Négociation	Oui ☐ Non ☐	
	S27	Actualisation	Oui ☐ Non ☐	

Question 2	Nom Service	Code Service	Oui / Non	Sinon pour expliquer pourriez-vous ajouter des commentaires.
Selon vos, dans le contexte du processus de **Vente en ligne**, est ce que la sémantique d'affaires associée aux services identifiés est correcte?	**S16**	Actualisation	Oui ☐ Non ☐	
	S17	Actualisation	Oui ☐ Non ☐	
	S18	Actualisation	Oui ☐ Non ☐	
	S19	Actualisation	Oui ☐ Non ☐	
	S20	Actualisation	Oui ☐ Non ☐	
	S21	Négociation	Oui ☐ Non ☐	
	S22	Actualisation	Oui ☐ Non ☐	
	S23	Actualisation	Oui ☐ Non ☐	
	S24	Actualisation	Oui ☐ Non ☐	
	S25	Actualisation	Oui ☐ Non ☐	
	S26	Négociation	Oui ☐ Non ☐	
	S27	Actualisation	Oui ☐ Non ☐	

Question 3	Oui / Non	Sinon pouvez-vous identifier et annoter quelles activités du processus Vente en ligne ne seront pas automatisées ?
Pouvons-nous automatiser les activités du processus **Vente en ligne** à l'aide de services identifiés?	Oui ☐ Non ☐	

Tableau D.4 Questionnaire pour évaluer les services identifiés par processus d'affaires : Processus « Prêt bancaire ».

Question 1	**Nom Service**	**Code Service**	**Oui / Non**	**Sinon pour expliquer pourriez-vous ajouter des commentaires.**
Selon vous, est ce que les services identifiés sont-ils pertinents dans le contexte du processus **Prêt bancaire** ?	Service Gestion Crédit	S28	Oui ☐ Non ☐	
	Service Réception Fonds	S29	Oui ☐ Non ☐	
	Service Demande prêt	S30	Oui ☐ Non ☐	
	Service Contrat	S31	Oui ☐ Non ☐	

Question 2	**Nom Service**	**Code Service**	**Oui / Non**	**Sinon pour expliquer pourriez-vous ajouter des commentaires.**
Selon vos, dans le contexte du processus de **Prêt bancaire**, est ce que la sémantique d'affaires associée aux services identifiés est correcte?	Service Gestion Crédit	S28	Oui ☐ Non ☐	
	Service Réception Fonds	S29	Oui ☐ Non ☐	
	Service Demande prêt	S30	Oui ☐ Non ☐	
	Service Contrat	S31	Oui ☐ Non ☐	

Question 3	**Oui / Non**	**Sinon pouvez-vous identifier et annoter quelles activités du processus Prêt bancaire ne seront pas automatisées ?**
Pouvons-nous automatiser les activités du processus **Prêt bancaire** à l'aide de services identifiés?	Oui ☒ Non ☐	

Tableau D.5 Questionnaire pour évaluer les services identifiés par processus d'affaires : Processus «Service et maintenance».

Question 1	**Nom Service**	**Code Service**	**Oui / Non**	**Sinon pour expliquer pourriez-vous ajouter des commentaires.**
Selon vous, est ce que les services identifiés sont-ils pertinents dans le contexte du processus **Service et maintenance**?	Service Réception Service	S32	Oui ☐ Non ☐	
	Service Transfert paiement	S33	Oui ☐ Non ☐	
	Service Soumission	S34	Oui ☐ Non ☐	
	Service Contrat	S35	Oui ☐ Non ☐	

Question 2	**Nom Service**	**Code Service**	**Oui / Non**	**Sinon pour expliquer pourriez-vous ajouter des commentaires.**
Selon vos, dans le contexte du processus de **Service et maintenance**, est ce que la sémantique d'affaires associée aux services identifiés est correcte?	Service Réception Service	S32	Oui ☐ Non ☐	
	Service Transfert paiement	S33	Oui ☐ Non ☐	
	Service Soumission	S34	Oui ☐ Non ☐	
	Service Contrat	S35	Oui ☐ Non ☐	

Question 3	**Oui / Non**	**Sinon pouvez-vous identifier et annoter quelles activités du processus Service et maintenance ne seront pas automatisées ?**
Pouvons-nous automatiser les activités du processus **Service et maintenance** à l'aide de services identifiés?	Oui ☐ Non ☐	

APPENDICE E

ARTICLE ICEBE 2017

https://ieeexplore.ieee.org/document/8119140/

A Model-Driven Service Specification Approach from BPMN Models

Redouane Blal and Abderrahmane Leshob
LATECE Laboratory, University of Quebec at Montreal (UQAM)
UQAM School of Management (ESG UQAM)
Montreal (Quebec), Canada
{blal.redouane, leshob.abderrahmane}@uqam.ca

Abstract **-- Service-oriented architecture (SOA) is a fast emerging architectural style to implement dynamic e-business solutions. It has been widely adopted by modern organizations to design and implement information systems that support their business processes. Benefits of using SOA include reuse, model-driven implementation, service composition, better integration through standardization, and business process management. This paper aims to bridge the gap between business processes and SOA-based software applications that support them. It proposes a novel model-driven development method that generates SOA services from the specification of business processes expressed in BPMN. We present the principles underlying our approach and describe the state of an ongoing implementation.**

Business Process; SOA; BPMN; SoaML; Business Ontology; Model Transformation; Business Pattern.

1 Introduction

Service Oriented Architecture (SOA) is a fast emerging architectural style that provides a way of describing and understanding organizations, communities, and systems to maximize agility, scale, and interoperability [30]. Since its introduction, SOA has been advocated as an evolutionary step in software architecture to help organizations overcome the challenge of building effective information systems that support their business processes. Many benefits have been linked to SOA such as the development of rapid, low-cost, interoperable, and massively distributed applications [33]. For Thomas Erl [19], SOA is an architectural model that targets efficiency, agility, and productivity by using services as its primary means to deliver solutions for

the organizations and help them reach their strategic goals. Service sits at the heart of the SOA architecture, allowing to build enterprise information systems that support organizations' business processes [6]. Service identification is one of the main phases in the design of a service-oriented application [6]. The way in which services are identified and designed may influence the effectiveness of the SOA architecture [6]. Unfortunately, the identification and specification of such services are not trivial tasks considering the large gap between business processes and information systems [3].

This paper aims to bridge the gap between organizations' business processes and the information systems that support them. It proposes a novel model-driven development method that generates and specifies SOA services from business process models. Furthermore, the proposed approach is tailored for business analysts who do not need to become business process management specialists, SOA architects, or ERP experts.

Business processes in our approach are expressed in *Business Process Model and Notation* (BPMN) [29]. BPMN is a recognized de-facto standard for business process modeling. Generated SOA services are specified using *Service oriented architecture Modeling Language* (SoaML) (see [30]). SoaML extends UML metamodel to support explicitly service modeling and requirements for SOA [30].

The remainder of the paper is organized as follows. Section 2 surveys related work. Section 3 describes our approach for the identification and specification of SOA services from business process models. Section 4 presents the design and implementation core of our approach. Section 5 presents an application case that explains the proposed approach. Section 6 draws our conclusions and summarizes our envisioned further work in the area.

2 Related Work

A number of research efforts have proposed to identify and specify software services by either using *business* models or *business process* models. In [14], authors proposed a model-driven approach to build web service composition models from business models expressed with e3-value business ontology (see [21]). In [15, 17], authors identified service models based on a set of mappings between BPMN and SoaML metamodels. Nevertheless, these approaches elaborate service models that are lacking business semantics. To tackle that, Andersson *et al.* [3] argued that using goal and business models as a starting point for service identification will add the missing business perspectives to service models. In a similar work, Weigand *et al.* [34] proposed a three-step method for service identification, starting with a value-based model from which they extract business services as an input for identifying software services. In [5], authors introduced a transformational approach and a business service and resource modeling language based on the Resource Event Agent (REA) business ontology ([27]) to map business models to service models. In [25], authors proposed a model-driven development approach to elicit business services and further software services using an REA business model as starting point. This approach is interesting, however like [17, 3, 14, 5], the service models are not elaborated with enough detail to allow their implementation. Our work proposes

a novel approach to i) identify SOA services from business process models, ii) associate them with *business semantics,* and iii) specify each service with SoaML.

As for service identification, *business* models and *business process* models have been used to specify software components and analysis models. In [8], Carlson proposed to identify information system components based on a high-level specification of business processes. In [9], Coad *et al.* used a question-based approach to build and specialize software component archetypes from generic business models and components. However, they focused on model fragments instead of entire models. In [10], Cruz *et al.* proposed an approach to identify system functional requirements by extracting use case models from business processes. This approach was extended in [11] to build aggregated use case models from a set of business process models. Later in [12], Cruz *et al.* proposed a new approach to generate an aggregated data model based on a set of interrelated business process models expressed in BPMN. Finally, in [2], Leshob proposed a pattern-based methodology for the derivation of UML class diagrams from business process models expressed in BPMN. Concepts of this methodology are used in this work to specify SoaML interfaces of the identified services.

3 Specification of SOA Models from Business Process Models

This paper focuses on the derivation of SOA models from business process models. Generated SOA models are used to design architectural views of service-oriented applications that support those business processes. To specify generated services, we use SoaML which provides a standard way to architect and model SOA solutions using UML. SoaML extends UML in six main areas: participants, service interfaces, service contracts, service data, services architectures, and capabilities [18]. Participants are used to define the service providers and consumers. Service interfaces are used to describe the operations to complete the functionality of a service. The operations can be provided or required by the service. Service contracts describe interactions between service entities (e.g., agreement between parties). Service data describes service messages and message attachments. Services architectures define how participants/partners work together by providing and using services to achieve specific goals. Capabilities represent an abstraction of the ability to affect change [18, 16].

To elaborate a generic approach that applies to business processes from different domains, we need to conceptualize business processes using business terms such as economic resources, economic agents and value adding activities. One solution consists of using a *business ontology* such as REA (Resource Event Agent) ([27, 20]), e3-value ([21]), or BMO (Business Model Ontology) ([31]). Indeed, a business ontology focuses on key *business abstractions* such as resource exchanges that span *process domains.* By using a business ontology, the business modeler can elicit the actors involved in a business scenario, and explain their relationships in terms of economic resources exchanged between actors [35]. In this work, we chose the REA business ontology ([27]) that is getting wider attention recently from the

community. However, our approach could be applied to any of the above mentioned ontologies as the concepts used in our approach are shared among them.

3.1 REA Ontology

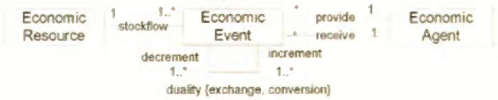

Figure 1 REA metamodel.

William McCarthy proposed the REA framework as a way to record economic phenomena in a shared data environment [27]. It has been used as an approach to conceptualize and record business activities within an enterprise information system. Since then, REA approach became a business ontology (see [20]). In REA, an enterprise can increase or decrease the value of its resources through either *exchanges* or *conversions* [22]. In an *exchange*, the enterprise receives economic resources from economic agents, and provides other resources in return. In a *conversion,* an enterprise uses or consumes resources in order to produce new or modified resources. Fig. 1 shows the basic REA metamodel. Economic resources are scarce objects that have utility for the enterprise. Economic events are phenomena which reflect changes in economic resources. An *economic event* can be either an *increment* or a *decrement* in the value of economic resources. The duality relationship links increment events to decrement events. An *Economic Agent* is an individual or an organization capable of controlling economic resources [22].

The work presented in this paper deals with exchange type process. We intend to extend the proposed approach to conversion type processes in future work.

3.2 Derivation and Specification of SOA Services

We propose a four-step approach to generate and specify SOA services using SoaML from BPMN models. The overall approach is illustrated in Fig.2. The first step infers the process value chain by decomposing the BPMN process to elementary business processes. Indeed, a business process can be composed of several (sub)processes. We need then to specify SOA services for each composing business process. The second step identifies high-level services we call EXCHANGE SERVICES for each elementary process in the value chain. The third step identifies low-level services we call BUSINESS SERVICES for each process in the value chain. The last step specifies extracted services using SoaML

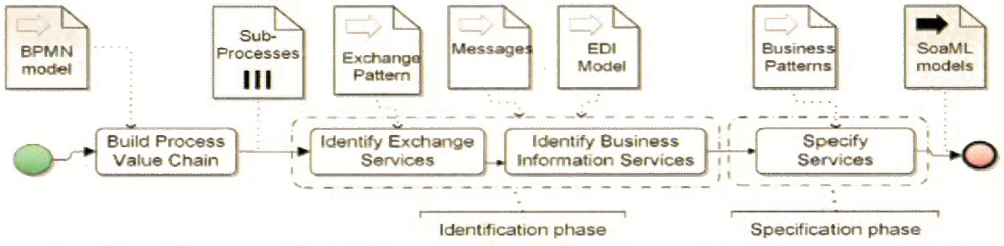

Figure 2 Overall process for SOA services identification and specification from BPMN models.

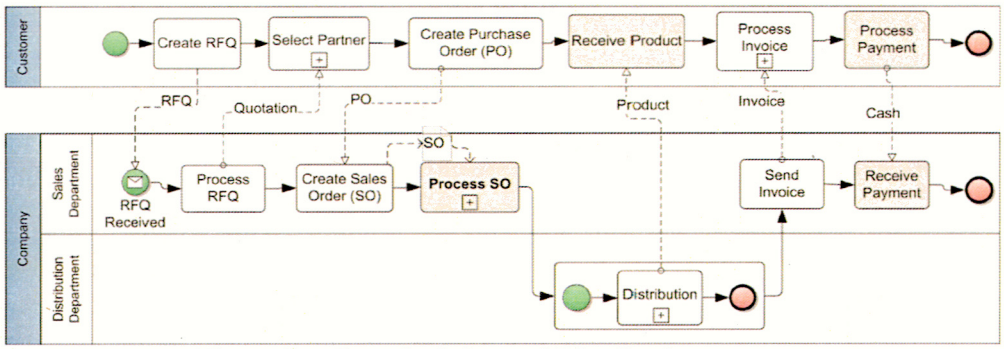

Figure 3 Generic Sales and Distribution process.

3.2.1 Extraction of Process Value Chain

A business process can be composed of several (sub)processes. For example, the Sales and Distribution (S&D) process (Fig.3) is composed of two (sub)processes: 'Sales' and 'Distribution'. To extract services for S&D process, we need to specify services for each composing process (i.e., Sales process and Distribution process). *Sales* is an exchange process. It exchanges the economic resource *product* for *cash*. *Distribution* is a conversion process because it changes one of the features of the product – its location.

To identify all elementary (sub)processes that compose a given business process, we generate its PROCESS VALUE CHAIN (PVC) model. The PVC model is built using the pattern-based approach we elaborated in [4, 7]. This approach consists of: i) annotating semi-automatically the business process model to distinguish economic resources, ii) inferring the REA concepts from the process model in order to obtain elementary exchange and conversion processes, iii) connecting the (sub)processes in order to form the PVC model of the business process. Fig.4 shows the PVC of the S&D process of Fig.3. The output of the Distribution process is Product; this process changes its location. The input of the Sales process is the Product which is exchanged for Cash.

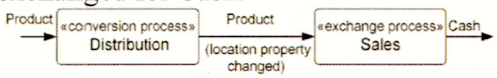

Figure 4 PVC for the S&D process.

3.2.2 Identification of Exchange Services

EXCHANGE SERVICES are special services that automate REA economic events which are *process activities that change the value of exchanged economic resources*. We need to identify EXCHANGE SERVICES for each exchange process[5] in the PVC model. Thus, we propose the following two-step process:

a) Build the *REA exchange model* for each exchange process in the PVC. REA exchange model expresses i) the agents (partners in the process), ii) the economic events (e.g., activities with gray background for of the S&D process of Fig.3), and iii) the exchanged economic resources. In order to obtain this model, we simply need to instantiate the exchange business pattern of Fig.5. Each exchange consists of at least one increment event that increases the value of a resource and at least one decrement

[5] 3.1

event that decreases the value of a resource. Each event is related to two agents: the provider agent loses rights to the resource, and the recipient agent receives the rights.

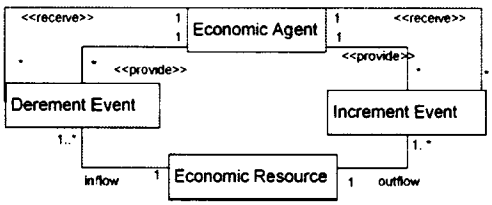

Figure 5 Exchange pattern.

b) Identify EXCHANGE SERVICES from the REA exchange model obtained in the first step using the resources transferred between the partners. Thus, each resource transfer (i.e., combination of *provide* and *receive)* will yield an SOA EXCHANGE SERVICE that handles the resource exchange. As a result, we extract two EXCHANGE SERVICES for the Sales (sub)process. First service will support activities that provide/receive the resource PRODUCT. The second service will support activities that provide/receive the resource CASH. Note that *exchange pattern* of Fig.5 will be used latter in our approach to specify EXCHANGE SERVICES with SoaML

3.2.3 Identification of Business Services Exchange services support activities that change the value of exchanged economic resources. However, as business processes become more complex, more activities that do not change the value of economic resources are involved. These activities are called business events (see [13]), and will be supported by what we call business services. Note that exchange services are special business services. However, they should continue to be designated as "exchange services" since this term is more precise.

In the previous step we were able to identify EXCHANGE SERVICES using the REA exchange model and match them with the exchange pattern in order to specify them. Likewise, BUSINESS SERVICES need to be matched with business patterns. For that purpose we use the *ISO Open-edi model* [23]. According to this model, a business process moves through five *phases* namely: *planning, identification, negotiation, actualization, and post-actualization* (see Fig.6). Using this model is motivated by the fact that i) REA is the ontological framework used by Open-edi for specifying the concepts and relationships involved in a business process and ii) each phase consists of one or more exchanged messages that can be associated with business patterns (see [1, 20, 22]), allowing specification of SOA services. Furthermore, Open-edi collaboration phases are adapted to REA ontology and are structured in three phases: 1) *planning/identification,* 2) *negotiation*; and 3) *actualization/post-actualization* (see [26]). By definition, *planning/identification* phase involves process activities where potential partners identify each other by matching on proposed resources. The planning/identification phase is completed when a one-to-one link is established between partners. The purpose of the *negotiation* phase is to achieve an explicit, mutually understood, and agreed upon goal for the business transaction. The *negotiation* phase is completed when the commitments and a contract are effective. *Actualization/post-actualization* phase starts once economic resource transfer are started [24].

To identify BUSINESS SERVICES, we need to decompose each elementary process in the PVC according to the Open-edi model. Actualization phase involves activities that perform resource

transfer. These events were used during the previous step in section 3.2.2, to identify EXCHANGE SERVICES, and will be used at this step to pinpoint the *actualization/post-actualization* phase boundaries. For example, in the Sales (sub)process of Fig.3, activities with gray background identify the *actualization/post-actualization* phase boundaries.

Once the business process *actualization/post-actualization* phase is identified, three case scenarios are possible: either the process have i) only an *actualization/post-actualization* phase, ii) have a *negotiation* phase preceding the already identified *actualization/post-actualization* phase, or iii) have all three phases. The first scenario is true when there are no activities before the *actualization/post-actualization* phase. Otherwise, we adopted a question-based approach, similar to the one used in [1], to identify the other two cases. At first we ask the business analyst to specify if an agreement exists between the partners. If the agreement exists it implies that *planning/identification* activities are unnecessary and the process starts with *negotiation* phase followed by an *actualization/post actualization* phase. For example, if the 'Sales' (sub)process (Fig.3) is managed by an agreement, activities such as 'Create RFQ' and 'Process RFQ' will be unnecessary because the partner is known, therefore all activities before the *actualization/post-actualization* phase are *negotiation* activities. In the other case (i.e., there is no agreement), since the purpose of *planning/identification* phase is to establish a *one-to-one* link between partners, we ask the business analyst to identify the activity that establishes that relationship and promote this activity as a boundary between the *planning/identification* and the *negotiation* phases. For example, in the Sales (sub)process of Fig.3, the activity 'Select Partner' establishes a one-to-one link between the customer and the supplier.

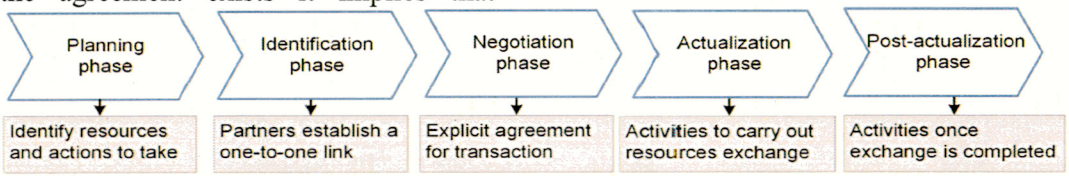

Figure 6 Open-edi collaboration phases.

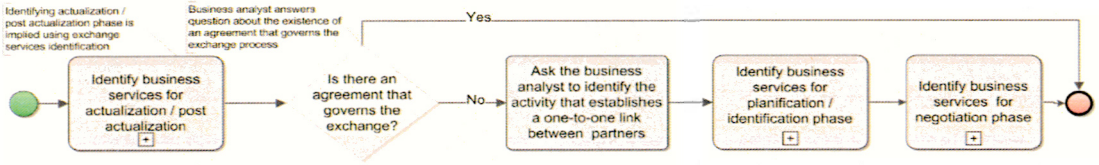

Figure 7 Overall process for business services identification.

Once Open-edi collaboration phases are demarcated for each (sub)process, the BUSINESS SERVICES identification process starts. To identify services with adequate coverage within the boundaries of each phase, we asked the business analyst to classify

exchanged messages into either "One Way" or "Request-Response" types. Linked messages are grouped and handled by one BUSINESS SERVICE. For example, 'RFQ' and 'Quotation' messages in Fig.3 are grouped and consequently activities 'Create RFQ', 'Process RFQ', and 'Select Partner' will be managed by a single BUSINESS SERVICE. This approach offers two significant benefits: First, it does not extract too fine-grained services (nanoservices) because it does not associate a service to each message in the process. A too fine-grained service is an anti-pattern called FINE GRAINED SERVICE (see [32]). Second, it does not extract one service per Open-edi phase which yield services that may contain a large number of very low cohesive operations in their interfaces. Such services are called GOD OBJECT SERVICES (see [32]).

3.2.4 Specification of Services

To specify extracted services, we propose a pattern-based transformation approach. More precisely, we transform extracted services using business patterns from [1, 20, 22]. To specify a service with SoaML language, we created transformation rules that model its: 1) SoaML interfaces, and 2) SoaML participants. For each SERVICE INTERFACE, we model its provided interfaces, required interfaces, and roles. To do that, we use structural and behavioral patterns from [1, 20, 22]. More precisely, for exchange services we use the exchange pattern, while for business services we use patterns corresponding to the collaboration phases of the Open-edi initiative described in section 3.2.3. For example, we used *commitment* and *contract* patterns (see [22]) to specify negotiation phase services and *Claim materialization*, *account*, *posting* and *reconciliation* patterns (see [22]) to specify services of the actualization/post-actualization phase. Sections 4 and 5 explain in more details how to specify services with SoaML.

4 Implementation

In this section, we discuss the implementation of a proof-of-concept prototype. Section 4.1 presents the architectural design of our prototype. Next we discuss the implementation of transformation rules that specify identified services in section 4.2.

4.1 Architecture

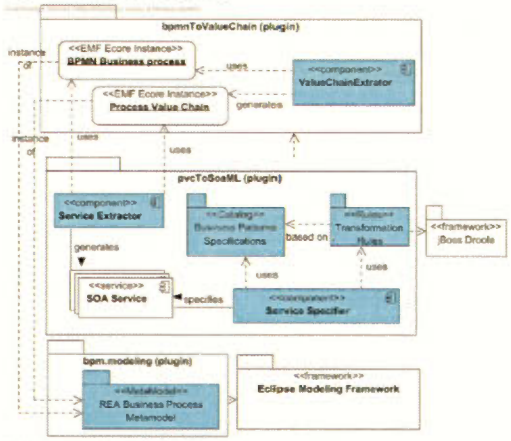

Figure 8 Proof-of-concept prototype architecture.

We implemented a proof-of-concept prototype with the Eclipse Modeling Framework™ (EMF, version 2.12.0). EMF™ is a Java-based modeling framework that implements OMG's Essential Meta-Object Facility (EMOF) a core subset of OMG's MOF. As shown in Fig. 8, the prototype is based on three EMF Eclipse plugins: *bpmnToValueChain*, *pvcToSoaML* and *bpm.modeling*.

The plugin *bpm.modeling* is based on *EMF Ecore* which is the core metamodel of EMF. This plugin represents the REA-based business process metamodel. Because REA is a

business ontology, it does not describe the dynamic view of the process. To implement the dynamic view of business process, we extended the REA-based metamodel by the behavioral model of the OMG's *Business Process Definition Metamodel* (BPDM) ([28]) to support process orchestration and choreography.

The plugin *bpmnToValueChain* is responsible for extracting PVC models from annotated BPMN models using the approach described in [4].

The plugin *pvcToSoaML* represents the core of the proof-of-concept prototype. It is responsible for extracting and specifying SOA services. This plugin is based on two components: SERVICEEXTRACTOR and SERVICESPECIFIER. SERVICEEXTRACTOR provides functions that extract SOA services according to the process explained in section 3.2. SERVICESPECIFIER is responsible for specifying extracted services by applying transformation rules based on structural and behavioral business patterns from [1.20.22].

4.2 Implementing Transformations

We implemented a prototype as a rule-based application within EMF. We chose to implement the transformations as *when-then* rules that manipulate objects of BPMN and SoaML models. The *when* part matches model elements (e.g., structural pattern), and the *then* part transforms BPMN and SoaML models. To implement transformation rules, we chose Drools, an open-source java-based business rule management system.

The whole process starts by initializing the Drools facts base by a representation of the annotated BPMN model (see [4]). To extract the PVC model from the annotated BPMN model, we implemented the algorithm and a set of structural and behavioral transformation rules we presented in [4]. For each process in the PVC model, we extracted a set of services. Recall that we only dealt with exchange type process in this work. To extract services within a process in PVC, we used the approach presented in section 3. Then, to identify exchange level services, we wrote a single rule to create a service for each resource transfer. To extract business level services, we wrote a single rule for each collaboration message (e.g., request–response message, one-way message, etc.) in each process within the PVC. Thus, we extract at least two exchange level services by elementary process. Indeed, according to the exchange pattern (see Fig 5), i) every increment economic event must be related by exchange duality to a decrement economic event, and vice versa, and the duality relationships is many-to-many (1..* to 1..*). For business level services, we extracted one service for each collaboration message within Open-edi phases. As RESTful Web services, our services manipulate resources. Exchange level services manipulate economic resource and business level services manipulate resources represented by message objects.

To specify exchange and business services, we wrote a single Drools transformation rule per business pattern. Each rule specifies the service interfaces and participants[6] with SoaML using corresponding pattern. We identify corresponding pattern by classifying each pattern according to the Open-edi phases and also by annotating our process metamodel to include this classification. Hence, the transformation

[6]

that needs to be applied to specify the business level service related to the exchange contract message (e.g., Purchase Order message, Sales Order message) of the negotiation phase is based on the REA contract pattern of Fig. 9. This transformation is represented by a single Drools rule, shown in pseudo-code format in Fig. 10. The *when* part looks, in the Drools working memory, for the extracted contract service and binds it to the variable $SERVICE. The *then* part describes the actions to perform. Each action corresponds to EMF calls. The first action (line 1) adds the SoaML service interface to $SERVICE according to the contract pattern (i.e., contract, commitment and terms). Line 2 and 3 add provided and required interfaces to the service interface of $SERVICE according to the contract pattern (i.e., contract, commitment and terms), respectively. Line 4 adds SoaML roles to the service interface of $SERVICE and links them to provided and required interfaces. Line 5 adds SoaML participants (i.e., parties of the contract) to the service.

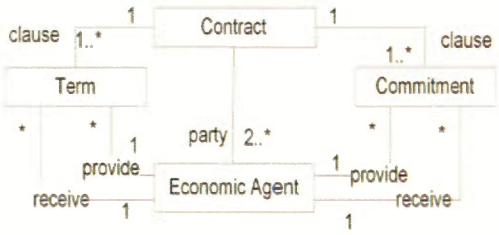

Figure 9 Contract pattern.

```
rule "CONTRACT-SERVICE-SPECIFIER"
when
$s<-ServiceExtractor(services.current.type == ServiceType.CONTRACT)
then
 1. Create SoaML service interfaces (SI) of $s ;
 2. Add Provided interfaces to the SI of $s
      according to the contract pattern ;
 3. Add required interfaces to the SI of $s
      according to the contract pattern ;
 4. Add SoaML roles to the SI of $s
      according to the contract pattern ;
 5. Add behavior model to the SI of $s
      according to the contract pattern ;
 6. Creates SoaML service participants to $s
      according to the contract pattern ;
end
```

Figure 10 Transformation rule to specify the service that manages the exchange contract.

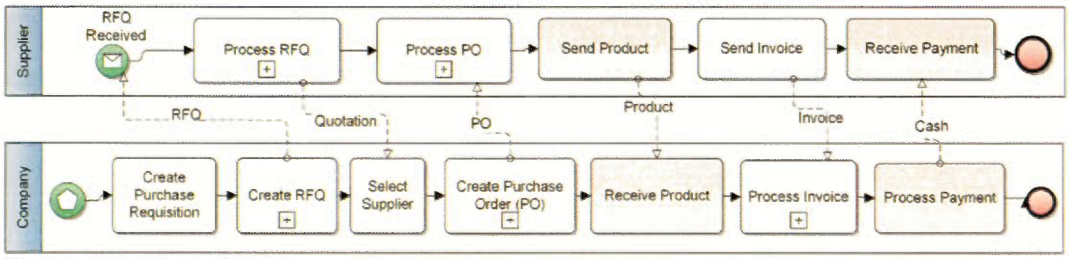

Figure 11 Generic Procurement process.

5 Application Case

This section illustrates the approach with a generic *Procurement* process (see Fig.11) from the ERP literature. *Procurement* process starts by filling out a requisition for a product. Then the company (buyer) sends a request for quotation (RFQ) to potential suppliers. Suppliers, in return, prepare quotations and submit them back to the buyer. After receiving quotations, the buyer selects a supplier, creates a purchase order (PO) and sends it back to that supplier. Then, the supplier fulfills the order and delivers the product to the buyer. Once the product is received, a bill is issued by the supplier and the company sends the payment.

Step 1: Extraction of the PVC

To identify elementary business processes that compose the *Procurement* process, we use the pattern-based approach we elaborated in [4,7] (see section 3.2.1). The *Procurement* process is an *exchange* process (Cash for Product). Its PVC model is composed of a single *exchange* process as shown in Fig. 12. Activities with gray background define economic exchange events that change the value of the economic resources (i.e., Product and Cash).

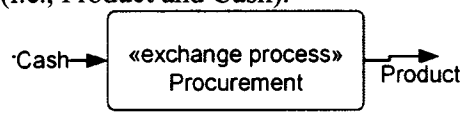

Figure 12 PVC for the procurement process.

Step 2: Identification of Exchange Services

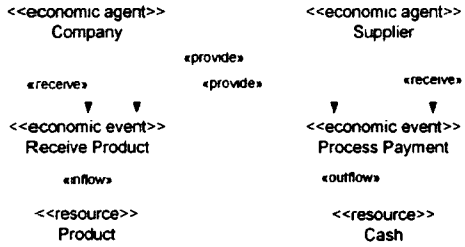

Figure 13 REA Procurement Model.

To identify EXCHANGE SERVICES, we need to build the REA model (i.e., an instance of the exchange pattern of Fig.5) of each process in the PVC. In this case, we have only one process in the PVC. The REA basic model of the *procurement* process is shown in Fig.13. Each resource transfer (i.e., combination of *provide* and *receive* between partners) will yield an SOA service that handles the resource exchange (see section 3.2.2). We extracted two EXCHANGE SERVICES from the model in Fig.13: The first service manage the transfer of the resource PRODUCT. The second service will manage the transfer of the resource CASH. **Step 3: Identification of Business Services**

To identify business services, we use the process described in section 3.2.3. Thus we extracted three services. First service manages the identification of the partner through exchange of RFQ and Quotation resources (planning/identification phase). Second service manages the exchange contract (i.e., PO) (negotiation phase). Third and last service manages the Invoicing for the actualization phase. Table 1 illustrates extracted services for the generic *procurement* process of Fig. 11.

Table 1 Procurement services.

Service	Open-edi Phase	REA patterns
Product Transfer Service	Actualization	Exchange
Payment Transfer Service	Actualization	Exchange
Quotation Service	Identification	Contract/Commitment
Contract Service	Negotiation	Contract/Commitment
Invoice Service	Actualization	Claim /Account

Step 4: Specification of Services

This final step specifies identified services with SoaML using corresponding patterns. For each service, we specify two SoaML models: service interfaces model and participants model. To illustrate our approach, we will specify the CONTRACT SERVICE that is responsible for managing the purchase order during the *negotiation* phase.

Service interfaces allow provider and consumer to invoke and respond to operations, send and receive messages or events. The service interface is defined from the perspective of the service provider using:

1. The provided and required interfaces: These are standard UML interfaces that are realized or used by the Service Interface.
2. Roles that will be played by the connected participants involved with the service.
3. The Behavior which specifies the valid interactions between the provider and consumer. It uses UML interaction and activity diagrams.

Fig.14 shows the service interface diagram of the CONTRACT SERVICE (i.e., PO). This specification is based on the contract pattern of Fig.9. The contract has two participants, company and supplier. The service interface provides PO TAKER interface (role of the provider in the service) and requires PO PLACER interface (role of the consumer in the service). PO PLACER has commitments (Commitment pattern) that define values (e.g., quantity) and dates for economic resources (e.g., product) and terms that define potential commitments that are instantiated if certain conditions are met (see Contract pattern of Fig.9). The service interface behavior is illustrated by Fig. 15.

A service participants model represent certain parties or components that provide and/or consume services. Participants define types of organizations, organizational roles, or components. Service participants diagram of the CONTRACT SERVICE is shown in Fig.16.

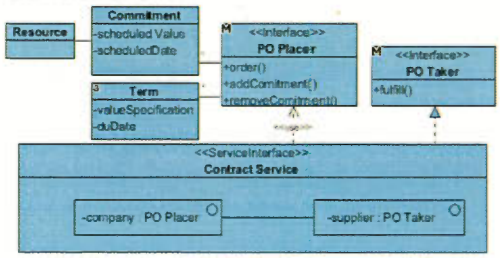

Figure 14 Service interfaces diagram of the Contract Service.

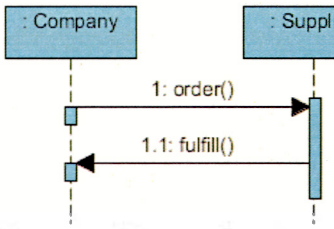

Figure 15 Service interfaces behavior of the Contract Service.

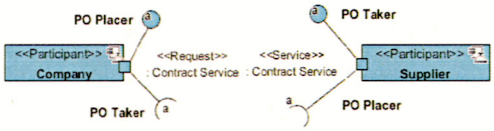

Figure 16 Service participants diagram of the Contract Service.

Conclusion and Future Work

SOA is a fast emerging architectural style that provides a way of describing and understanding organizations, communities, and systems to maximize agility, scale, and interoperability [30]. It has been widely adopted by modern organizations to design and implement information systems that support their business processes. However, the identification and design of such services are not trivial tasks considering the large gap between business processes and information systems.

In this paper, we proposed an approach that bridges the gap between organizations' business processes and the systems that support them. Our approach uses a novel model-driven development method to design SOA services using SoaML language from business process models expressed in BPMN. We developed a prototype that relies on open source software and available standards. We also demonstrated the feasibility of our approach in the context of two ERP key processes, namely Procurement and Sales & Distribution.

Although this work is still at an early stage, this paper establishes guidelines to advance our long-term research project. Our next challenges are: (i) conduct experiments to validate the usability and the soundness of the conceptual ingredients that underlie the proposed approach, (ii) elaborate the approach to fully support the SoaML profile, (iii) validate the correctness of SoaML models in the context of a large catalog of process models, (iv) support more business patterns, and (v) extend the proposed approach to support conversion type processes.

References

[1]. Abderrahmane Leshob, Hafedh Mili, Javier Gonzalez-Huerta, Anis Boubaker, "A value-oriented approach to business process specialization: Principles, proof-of-concept, and validation", *Journal of Systems and Software*, vol. 127, no. , pp. 120—149, 2017. URL https://doi.org/10.1016/j.jss.2017.02.002.

[2]. Abderrahmane Leshob, "Towards a Business-Pattern Approach for UML Models Derivation from Business Process Models". 2016. URL https://doi.org/10.1109/ICEBE.2016.049.

[3]. Birger Andersson, Paul Johannesson, Jelena Zdravkovic, "Aligning goals

and services through goal and business modelling", Information Systems and e-Business Management, vol. 7, no. 2, pp. 143—169, 2009.

[4]. Anis Boubaker, Abderrahmane Leshob, Hafedh Mili, Yasmine Charif, "A pattern-based approach to extract REA value models from business process models", Int. Syst. in Accounting, Finance and Management, vol. 24, no. 1, pp. 29—48, 2017. URL https://doi.org/10.1002/isaf.1402.

[5]. Jeewanie Jayasinghe Arachchige, Hans Weigand, Manfred Jeusfeld, "Business service modeling for the service-oriented enterprise", International Journal of Information System Modeling and Design, vol. 3, no. 1, pp. 1—22, 2012. URL http://dx.doi.org/10.4018/jismd.2012010101

[6]. Devis Bianchini, Cinzia Cappiello, Valeria De Antonellis, Barbara Pernici, "Service identification in interorganizational process design", IEEE Transactions on Services Computing, vol. 7, no. 2, pp. 265—278, 2014.

[7]. Anis Boubaker, Dhouha Cherif, Abderrahmane Leshob, Hafedh Mili, "Value-Chain Discovery from Business Process Models". 2014.

[8]. W. M Carlson, "Business information analysis and integration technique (BIAIT): the new horizon", ACM SIGMIS Database, vol. 10, no. 4, pp. 3—9, 1979. URL http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1017511.

[9]. P Coad, J De Luca, E Lefebvre, Java Modeling In Color With UML: Enterprise Components and Process. Prentice Hall PTR, 1999. URL http://www.amazon.com/Java-Modeling-Color-With-UML/dp/013011510X.

[10]. E F Cruz, R J Machado, M Y Santos, "From business process models to use case models: A systematic approach", 4th Enterprise Engineering Working Conference, EEWC 2014, vol. 174 LNBIP, no. , pp. 167—181, 2014. URL http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84904569630&partnerID=40&md5=b79bcd9b510834652d25aadad3b6f77e.

[11]. Estrela F. Cruz, Ricardo J. Machado, Maribel Y. Santos, "Bridging the gap between a set of interrelated business process models and software models". 2015. URL http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84939531161&partnerID=tZOtx3y1.

[12]. Estrela F. Cruz, Ricardo J. Machado, Maribel Y. Santos, "Deriving a data model from a set of interrelated business process models". 2015. URL http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84939512302&partnerID=tZOtx3y1.

[13]. [13] J. S David, "Three Events That Define an REA Methodology for Systems Analysis, Design, and Implementation". 1997. URL http://www.it-c.dk/next/articles/backup5_3/JSDavid.pdf.

[14]. [14] V De Castro, E Marcos, R Wieringa, "Towards a service-oriented MDA-based approach to the alignment of business processes with it systems: From the business model to a web

service composition model", International Journal of Cooperative Information Systems, vol. 18, no. 2, pp. 225—260, 2009. URL http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-73249133942&partnerID=40&md5=d0f0b5aa97b93723f0913792b78bf481.

[15]. Andrea Delgado, Ignacio Garcia Rodriguez De Guzman, Francisco Ruiz, Mario Piattini, "From BPMN business process models to SoaML service models: A transformation-driven approach". 2010.

[16]. Andrea Delgado, Francisco Ruiz, Ignacio García-Rodríguez de Guzmán, Mario Piattini, "Towards an ontology for service oriented modeling supporting business processes". 2010.

[17]. Brian Elvesaeter, Dima Panfilenko, Sven Jacobi, Cristian Hahn, "Aligning business and IT models in service-oriented architectures using BPMN and SoaML". 2010.

[18]. Brian Elvesæter, Arne-Jørgen Berre, Andrey Sadovykh, "Specifying Services using the Service Oriented Architecture Modeling Language (SoaML)-A Baseline for Specification of Cloud-based Services.". 2011.

[19]. Thomas Erl, SOA Principles of Service Design (The Prentice Hall Service-Oriented Computing Series from Thomas Erl). Prentice Hall PTR, 2007.

[20]. GL Geerts, WE McCarthy, "The ontological foundation of REA enterprise information systems", Annual Meeting of the American Accounting Association, vol. , no. March, pp. 1—34, 2000. URL http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.91.8191&rep=rep1&type=pdf.

[21]. J Gordijn, H Akkermans, "Designing and Evaluating E-Business Models", IEEE Intelligent Systems, vol. 16, no. August, pp. 11—17, 2001.

[22]. P Hruby, Model-Driven Design Using Business Patterns. Springer-Verlag, 2006. URL http://www.springerlink.com/index/10.1007/3-540-30327-2.

[23]. ISO, " Information technology: Open-edi reference model". 2010. URL https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:55290:en.

[24]. ISO, "Information technology : Business operational view-Part 4: Business transaction scenarios — Accounting and economic ontology". 2015. URL https://www.iso.org/standard/55289.html.

[25]. Tharaka Ilayperuma, Jelena Zdravkovic, "Using Business Value Models to Elicit Services Conducting Business Transactions", Handbook of Research on Innovations in Systems and Software Engineering, vol. , no. , pp. 98, 2014.

[26]. A. Leshob, H. Mili, "Service Extraction from Business Process Model: An Ontology-Based Approach". 2016.

[27]. W. E McCarthy, "The REA accounting model: A generalized framework for accounting systems in a shared data environment", Accounting Review, vol. 57, no. 3, pp. 554—578, 1982. URL http://www.jstor.org/stable/10.2307/246878.

[28]. OMG, "Business Process Definition MetaModel (BPDM)". 2008. URL http://www.omg.org/spec/BPDM/1.0/.

[29]. OMG, "Business Process Model and Notation (BPMN)". 2011. URL http://www.omg.org/spec/BPMN/20100501.

[30]. OMG, "OMG Formal Versions Of SoaML". 2012. URL http://www.omg.org/spec/SoaML.

[31]. Alexander Osterwalder, Yves Pigneur, "An ontology for e-business models". 2004.

[32]. Francis Palma, Naouel Moha, Guy Tremblay, Yann-Gaël Guéhéneuc, "Specification and Detection of SOA Antipatterns in Web Services". 2014. URL http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-09970-5_6.

[33]. Michael P. Papazoglou, Paolo Traverso, Schahram Dustdar, Frank Leymann, "Service-Oriented Computing: State of the Art and Research Challenges", Computer, vol. 40, no. 11, pp. 38—45, 2007. URL http://dx.doi.org/10.1109/MC.2007.400.

[34]. Hans Weigand, Paul Johannesson, Birger Andersson, Maria Bergholtz, "Value-based service modeling and design: Toward a unified view of services". 2009.

[35]. Jelena Zdravkovic, Tharaka Ilayperuma, "Designing consumer-aligned services using business value modelling", International Journal of Organisational Design and Engineering 25, vol. 2, no. 3, pp. 317—342, 2012.

BIBLOGRAPHIE

Agile-Alliance. (2001). *Agile manifesto. Online*, *6*(1).

Andersson, B, Bergholtz, M., Edirisuriya, A., Ilayperuma, T., Johannesson, P., Gordijn, J., Weigand, H. (2006). *Towards a Reference Ontology for Business Models*. Dans D. W. Embley, A. Olivé et S. Ram (dir.), *Conceptual Modeling - ER 2006* (chap. Chapter 36, p. 482-496). Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg.

Andersson, B, Bergholtz, M. et Johannesson, P. (2011). *Towards a model of services based on co-creation, abstraction and restriction* , Springer.

Andersson, B, Johannesson, P. et Zdravkovic, J. (2009). *Aligning goals and services through goal and business modelling. Information Systems & e-Business Management*, *7*(2), 143-169. doi: 10.1007/s10257-008-0084-2

Andersson, B et Olandersson, B. (2013). *Strategies in implementation of ERP systems-The impact of vendor-consultant. Management*, *691*-697.

Arsanjani, A., Ghosh, S., Allam, A., Abdollah, T., Ganapathy, S. et Holley, K. (2008). *SOMA: A method for developing service-oriented solutions. IBM Systems Journal*, *47*(3), 377-396.

Basili, V. R., & Rombach, H. D. (1988). *The TAME project: towards improvement-oriented software environments. IEEE Trans. Softw. Eng.*, *14*(6), 758-773. doi: 10.1109/32.6156

Basili, V. R. (1992*). Software modeling and measurement: the Goal/Question/Metric paradigm.* University of Maryland at College Park. https://drum.lib.umd.edu/bitstream/handle/1903/7538/?sequence=1

Bianchini, D., Cappiello, C., De Antonellis, V. et Pernici, B. (2014). *Service identification in interorganizational process design. IEEE Transactions on Services Computing*, *7*(2), 265-278.

Blal, R., & Leshob, A. (2017, November). *A Model-Driven Service Specification Approach from BPMN Models.* Dans e-Business Engineering (ICEBE), 2017 IEEE 14th International Conference on (pp. 126-133). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICEBE.2017.28

Boubaker, A. (2016). *La modélisation semi-automatisée de la compensation dans les processus d'affaires.* (Doctoral dissertation, Université du Québec à Montréal). http://www.archipel.uqam.ca/9271/

Boubaker, A., Cherif, D., Leshob, A. et Mili, H. (2014). *Value-Chain Discovery from Business Process.* Dans *The Practice of Enterprise Modeling* (p. 26-41). Springer Berlin Heidelberg.

Boubaker, A., Leshob, A., Mili, H. et Charif, Y. (2017). *A Pattern-based Approach to Extract REA Value Models from Business Process Models. Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, *24*(1), 29-48. doi: 10.1002/isaf.1402

Buhr, R. J. A. et Casselman, R. S. (1996). *Use case maps for object-oriented systems.* Prentice-Hall, Inc.

Busi, N., Gorrieri, R., Guidi, C., Lucchi, R. et Zavattaro, G. (2005). *Choreography and Orchestration: A Synergic Approach for System Design, Service-Oriented Computing - ICSOC 2005* Springer Berlin Heidelberg.

Carlson, W. M. (1979). *Business information analysis and integration technique (BIAIT):* the new horizon. *SIGMIS Database*, *10*(4), 3-9. doi: 10.1145/1017510.1017511

Chan, Y. E. et Reich, B. H. (2007). *IT alignment: what have we learned?, Journal of Information technology*, *22*(4), 297-315.

Coad, P., Luca, J. d. et Lefebvre, E. (1999). *Java Modeling Color with Uml: Enterprise Components and Process with Cdrom*. Prentice Hall PTR.

Cruz, E. F., Machado, R. J. et Santos, M. Y. (2014*). From Business Process Models to Use Case Models: A Systematic Approach*. Dans D. Aveiro, J. Tribolet et D. Gouveia (dir.), *Advances in Enterprise Engineering VIII: 4th Enterprise Engineering Working Conference, EEWC 2014, Funchal, Madeira Island, Portugal, May 5-8, 2014. Proceedings* (p. 167-181). Cham : Springer International Publishing.

Cruz, E. F., Machado, R. J. et Santos, M. Y. (2015a). *Bridging the Gap between a Set of Interrelated Business Process Models and Software Models*. Proceedings of the 17th International Conference on Enterprise Information Systems - Volume 2 (p. 338-345). 2981234 : SCITEPRESS - Science and Technology Publications, Lda. doi: 10.5220/0005378103380345

Cruz, E. F., Machado, R. J. et Santos, M. Y. (2015b). *Deriving a Data Model from a set of interrelated Business Process Models*, Dans ICEIS (2) (pp. 49-59).

Curtis, B., Kellner, M. I. et Over, J. (1992). *Process modeling. Communications of the ACM, 35*(9), 75-90.

David, J. S. (1997). *Three "Events" That Define an REA Methodology for Systems Analysis, Design, and Implementation*. Dans Proceedings of the Annual Meeting of the American Accounting Association.

De Castro, V., Marcos, E. et Wieringa, R. (2009). Towards a service-oriented mda-based approach to the alignment of business processes with it systems: from the business model to a web service composition model. *International Journal of Cooperative Information Systems*, *18*(02), 225-260. doi: 10.1142/s0218843009002038

De Castro, V., Vara, J. M. et Marcos, E. (2012). Service-Oriented Development of Web Information Systems. *J. UCS*, *18*(17), 2474-2492.

Delgado, A., Ruiz, F., de Guzmán, I. G.-R. et Piattini, M. (2010a). From BPMN business process models to SoaML service models: A transformation-driven approach. *2nd International Conference on Software Technology and Engineering*, *1*, 314-319.

Delgado, A., Ruiz, F., de Guzmán, I. G.-R. et Piattini, M. (2010b). *MINERVA: model driven and service oriented framework for the continuous business process improvement and related tools.* In Service-Oriented Computing. ICSOC/ServiceWave 2009 Workshops (pp. 456-466). Springer, Berlin, Heidelberg.

Dezdar, S. et Ainin, S. (2011). The influence of organizational factors on successful ERP implementation. *Management Decision*, *49*(6), 911-926.

Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J. et Reijers, H. A. (2013). *Fundamentals of business process management* (vol. 1). Springer.

Elvesæter, B., Berre, A.-J. et Sadovykh, A. (2011,). *Specifying Services using the Service Oriented Architecture Modeling Language (SoaML) - A Baseline for Specification of Cloud-based Services.* Https://heim.ifi.uio.no/briane/papers/be_closer_2011_soaml_paper.pdf

Elvesæter, B., Panfilenko, D., Jacobi, S. et Hahn, C. (2010). *Aligning business and IT models in service-oriented architectures using BPMN and SoaML.* Proceedings of the First International Workshop on Model-Driven Interoperability (p. 61-68). 1866281 : ACM. doi: 10.1145/1866272.1866281

Elvesæter, B., Panfilenko, D. V., Hrom, K. et Landre, E. (2013). *Model Transformation Recommendations for Service-Oriented Architectures*, ICEIS (2) (pp. 248-256).

Eriksson, H.-E. et Penker, M. (2000). *Business modeling with UML.* Business Patterns at Work, John Wiley & Sons, New York, USA.

Erl, T. (2007). *SOA Principles of Service Design (The Prentice Hall Service-Oriented Computing Series from Thomas Erl).* Prentice Hall PTR.

Erl, T. (2008). *Soa: principles of service design* (vol. 1). Prentice Hall Upper Saddle River.

Garvin, D. A. (1998). *The processes of organization and management.* MIT Sloan Management Review, 39(4), 33.

Geerts, G. L. et McCarthy, W. E. (2000). *The ontological foundation of REA.* Enterprise Information Systems, vol. 362.

Gordijn, J., Akkermans, H. et Van Vliet, J. (2001). *Designing and evaluating e-business models.* IEEE intelligent Systems, 16(4), 11-17.

Hammer, M. et Champy, J. (2009). *Reengineering the Corporation: Manifesto for Business Revolution.* New York: Harper Business.

Hevner, A. R., March, S. T., Park, J. et Ram, S. (2004). *Design science in information systems research.* MIS Q., 28(1), 75-105.

Hevner, A. (2007). *A Three Cycle View of Design Science Research.* Scandinavian Journal of Information Systems, 19(2), 87-92.

Hevner, A. et Chatterjee, S. (2010). *Design research in information systems: theory and practice* (vol. 22). Springer Science & Business Media.

Hruby, P. (2006). *Model-driven design using business patterns.* Springer Science & Business Media.

Huq, Z. et Martin, T. N. (2006). *The recovery of BPR implementation through an ERP approach.* Business Process Management Journal, 12(5), 576-587. doi: 10.1108/14637150610691000

ISO , I. O. f. S. (2010). *(ISO14662:2010) ISO Information technology: Open-edi reference model International Organization for Standardization.* https://www.iso.org/standard/55290.html

ISO , I. O. f. S. (2011a). *(ISO15944-1) ISO Information technology: Business operational view- Part 1: Operational aspects of open-edi for implementation.* https://www.iso.org/standard/55289.html

ISO , I. O. f. S. (2011b). *(ISO15944-4) Information technology — Business Operational View — Part 4: Business transaction scenarios — Accounting and economic ontology.* https://www.iso.org/standard/67199.html

Johannesson, P. et Perjons, E. (2014a). *Demonstrate Artefac*t. Dans *An Introduction to Design Science* (p. 133-136). Cham : Springer International Publishing.

Johannesson, P. et Perjons, E. (2014b). *Design and Develop Artefact*. Dans *An Introduction to Design Science* (p. 117-131). Cham : Springer International Publishing.

Johannesson, P. et Perjons, E. (2014c). *Evaluate Artefact*. Dans *An Introduction to Design Science* (p. 137-149). Cham : Springer International Publishing.

Johannesson, P. et Perjons, E. (2014d). Explicate Problem. Dans *An Introduction to Design Science* (p. 91-102). Cham : Springer International Publishing.

Johannesson, P. et Perjons, E. (2014e). *An introduction to design science*. Springer International Publishing.

Joukhadar, G. et Rabhi, F. (2014). *Effective Governance During SOA Lifecycle-Theory and Practice*. Dans *Service Research and Innovation, LNBIP, no 177* (p. 15-28). Cham : Springer.

Ko, R. K., Lee, S. S. et Wah Lee, E. (2009). *Business process management (BPM) standards: a survey*. Business Process Management Journal, 15(5), 744-791.

Kohlborn, T., Korthaus, A., Chan, T. et Rosemann, M. (2009). *Identification and Analysis of Business and Software Services; A Consolidated Approach*. IEEE Trans. Serv. Comput., 2(1), 50-64. doi: 10.1109/tsc.2009.6

Laskey, K. B. et Laskey, K. (2009). *Service oriented architecture*. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, 1(1), 101-105.

Lemrabet, Y., Benkeltoum, N., Bigand, M., Clin, D. et Bourey, J.-P. (2011). *Entreprise agile et l'alignement métier-IT avec les approches BPM et SOA : Retour d'expérience* . https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00905922

Leshob, A. (2013). Classification, Représentation et Spécialisation des Processus d'affaires pour le Développement de Systèmes d'information. http://www.archipel.uqam.ca/5910/1/D2503.pdf

Leshob, A., Mili, H. et Boubaker, A. (2014). *A Pattern Based Approach for Automatic Business Process Specialization.* Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), 2014 IEEE 38th Annual (pp. 59-64). IEEE.

Leshob, A., Mili, H., Gonzalez-Huerta, J. et Boubaker, A. (2017*). A Value-oriented Approach to Business Process Specialization: Principles, Proof-of-concept, and Validation.* Journal of Systems and Software, 127, 120-149.

Liegl, P. (2007). *The Strategic Impact of Service oriented architectures.* Engineering of Computer-Based Systems, 2007. ECBS'07. 14th Annual IEEE International Conference and Workshops on the (pp. 475-484). IEEE.

Liew, P., Kontogiannis, K. et Tong, T. (2004). *A Framework for Business Model Driven Development.*Software Technology and Engineering Practice, 2004. STEP 2004. The 12th International Workshop on (pp. 8-pp). IEEE.

Luftman, J. et Ben-Zvi, T. (2010). *Key Issues For IT Executives 2010: Judicious IT Investments Continue Post-Recession.* MIS Quarterly Executive, 9(4), 263-273.

Magal, S. R. et Word, J. (2011). *Integrated Business Processes with ERP Systems.* Wiley Publishing.

Malone, T. W., Crowston, K., Lee, J., Pentland, B., Dellarocas, C., Wyner, G., . . . O'Donnell, E. (1999). Tools for Inventing Organizations: Toward a Handbook of Organizational Processes. *Manage. Sci.*, *45*(3), 425-443. doi: 10.1287/mnsc.45.3.425

McCarthy, W. E. (1982). *The REA accounting model: A generalized framework for accounting systems in a shared data environment.* The Accounting Revievv (July 1982), vol. 57, no. 3, p. 554-578.

McCarthy, W. E. (2004). *An REA Model of an Economic Exchange*. Research Seminar on REA Modeling and Design Science. Michigan State University. https://msu.edu/user/mccarth4/

Mili, H., Tremblay, G., Jaoude, G. B., Lefebvre, É., Elabed, L. et Boussaidi, G. E. (2010). *Business process modeling languages: Sorting through the alphabet soup.* ACM Computing Surveys (CSUR), vol. 43, no. 1, Article 4. ACM.

OASIS et UN/CEFACT. (2001). *ebXML Business Process Specification Schema.* Récupéré de http://www.ebxml.org/specs/

OMG. (1997). *A specification defining a graphical language for visualizing, specifying, constructing, and documenting the artifacts of distributed object systems.* https://www.omg.org/spec/UML/1.5/

OMG. (2005). *Unified Modeling Language (UML)* (Version 2.0). https://www.omg.org/spec/UML/2.5.1/

OMG. (2011). *Notation (BPMN), Version 2.0, January 2011* : ISBN 978-3-86956-303-9 ISSN 1613-5652.

OMG. (2012). *Documents Associated with Service oriented architecture Modeling Language™ (SoaML®), Version 1.0.1.* http://www.omg.org/spec/SoaML/1.0.1/, (Release Date: May 2012).

Osterwalder, A. et Pigneur, Y. (2002). *An eBusiness model ontology for modeling eBusiness.* 15th Bled Electronic Commerce Conference, Bled, Slovenia.

Ould, M. A. et Ould, M. (1995). *Business Processes: Modelling and analysis for re-engineering and improvement* (vol. 598). Wiley Chichester.

Palma, F., Moha, N., Tremblay, G. et Guéhéneuc, Y.-G. (2014). *Specification and detection of SOA antipatterns in web services* Springer.

Papazoglou, M. P., Traverso, P., Dustdar, S. et Leymann, F. (2007*). Service-oriented computing: State of the art and research challenges.* Computer, 40(11). 38–45.

Pasley, J. (2005). *How BPEL and SOA are changing Web services development.* IEEE Internet Computing, 9(3), 60-67.

Peffers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A. et Chatterjee, S. (2007). *A Design Science Research Methodology for Information Systems Research.* Journal of management information systems, 24(3), 45-77.

Phalp, K. et Shepperd, M. (2000). *Quantitative analysis of static models of processes.* Journal of Systems and Software, 52(2-3), 105-112.

Pressman, R. et Maxim, B. (2014). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (8ième édition éd.). McGraw-Hill Education.

Ross, J. W., Weill, P. et Robertson, D. (2006). *Enterprise architecture as strategy: Creating a foundation for business execution.* Harvard Business Press.

Scheer, A.-W. (1992). *Architecture of Integrated Information Systems: Foundations of Enterprise Modelling.* Springer-Verlag New York, Inc.

Scheer, A.-W., Thomas, O. et Adam, O. (2005). Process Modeling Using Event-driven Process Chains. Process-Aware Information Systems : Bridging People and Software Through Process Technology, 119-145. Hoboken, New Jersey : Wiley.

Schuster, R. et Motal, T. (2009). *From e3-value to REA: Modeling Multi-party E-business Collaborations* Commerce and Enterprise Computing, 2009. CEC'09. IEEE Conference on (pp. 202-208). IEEE.

Sumner, M. (2000). Risk factors in enterprise-wide/ERP projects. *Journal of information technology*, *15*(4), 317-327.

Tharaka, I. et Jelena, Z. (2015). Using Business Value Models to Elicit Services Conducting Business Transactions. Dans *Handbook of Research on Innovations in Systems and Software Engineering* (p. 98-124). Hershey, PA, USA : IGI Global.

UN/CEFACT. (2003). *UN/CEFACT Modeling Methodology (UMM) User Guide*

Weigand, H., Arachchige, J. J. et Jeusfeld, M. (2012). Business service modeling for the service-oriented enterprise. *International Journal of Information System Modeling and Design (IJISMD)*, *3*(1), 1-22.

Weigand, H., Johannesson, P., Andersson, B. et Bergholtz, M. (2009). *Value-based service modeling and design: Toward a unified view of services* Springer.

Weske, M. (2012). Business process management architectures. Dans *Business Process Management* (p. 333-371). Springer.

Wiegers, K. et Beatty, J. (2013). *Software requirements*. Pearson Education.