

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

LA MODÉLISATION SEMI-AUTOMATISÉE DE LA COMPENSATION
DANS LES PROCESSUS D'AFFAIRES

THÈSE
PRÉSENTÉE
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DU DOCTORAT EN INFORMATIQUE

PAR
ANIS BOUBAKER

NOVEMBRE 2016

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de cette thèse 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.10-2015). 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 souhaite remercier mon directeur de thèse, Hafedh Mili, professeur à l'UQAM. Son expertise, son soutien académique et humain, sa passion contagieuse et la latitude qu'il m'a accordée ont rendu cette longue aventure tout aussi enrichissante qu'agréable.

Je remercie également les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer cette thèse. Merci à Daniel Amyot, professeur à l'Université d'Ottawa, ainsi qu'à Michael Weiss, professeur à l'Université Carleton, d'avoir accepté d'être les examinateurs externes de ma thèse.

Ce travail n'aurait pu avoir lieu sans le soutien financier que j'ai reçu. À ce titre, je remercie à nouveau mon directeur, Hafedh Mili, d'avoir cru en moi. Merci également à la compagnie Xerox PARC d'avoir contribué à cette réalisation.

Merci aux professeurs du département d'informatique à l'UQAM pour leur écoute et leur soutien. Particulièrement, je remercie Éric Beaudry, Daniel Memmi, Jean Privat, Guy Tremblay, Sylvie Trudel, Petko Valtchev et Roger Villemare de m'avoir prodigué leurs conseils sur différents aspects de ce travail. Merci également à Naouel Moha de m'avoir aidé et encouragé à obtenir des charges de cours durant ma thèse.

Je remercie les participants aux études, qui ont si généreusement contribué de leur temps et de leur expertise.

J'aimerais également profiter de cette occasion pour louer les loyaux services de la machine à café.

Ces remerciements ne sauraient être complets sans exprimer toute ma gratitude à mes compagnons d'armes et amis du laboratoire LATECE, qui ont fait que venir travailler au laboratoire fut toujours un plaisir. Particulièrement, je remercie Yasmine Charif (maintenant chez Xerox PARC), Renata Carvalho, Imen Benzarti, Abdel Leshob (maintenant

professeur à l'ESG-UQAM), Francis Palma et Geoffrey Hecht. Un énorme merci à Javier González Huerta pour son amitié et pour avoir partagé ses lumières en m'introduisant aux méthodes empiriques.

Pour finir, je tiens à remercier ma famille. Merci à ma femme, Rowena, d'avoir consacré autant de temps et d'énergie à scruter à la loupe ce manuscrit. Merci à mes parents, Jamila et Mohamed, pour leur amour et de m'avoir mené jusque là, ainsi qu'à mes frères Hédi et Wafy pour leurs encouragements. Un merci particulier va à mes beaux-parents, Rita et Claude, pour leur soutien dans les petits comme les grands moments.

Et à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à ce que cette thèse devienne réalité mais que l'encre noire a oubliés... du fond du coeur, merci !

À Rowena
Merci pour ton amour inconditionnel, ton soutien indéfectible
et ta patience sans bornes

À Clémentine et Romy
Merci d'égayer ma vie jour après jour
(Papa a fini tous ses chapitres!)

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	iii
LISTE DES FIGURES	xv
LISTE DES TABLEAUX	xxi
LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES	xxv
RÉSUMÉ	xxvii
ABSTRACT	xxix
CHAPITRE I	
INTRODUCTION	1
1.1 La compensation	2
1.1.1 Définition des processus d'affaires	2
1.1.2 La modélisation de processus d'affaires	3
1.1.3 Exemple illustratif	3
1.1.4 Qu'est-ce que la compensation d'un processus d'affaires?	5
1.2 Problématique de la modélisation de la compensation	6
1.2.1 La modélisation de la compensation est une activité complexe	7
1.2.2 La compensation est un problème métier	8
1.3 Survol de notre approche	9
1.4 Plan de la thèse	11
CHAPITRE II	
REVUE DE LITTÉRATURE	15
2.1 La tolérance aux anomalies	16
2.1.1 La sûreté de fonctionnement logicielle	16
2.1.2 Techniques de tolérance aux anomalies	17
2.1.3 Modèle transactionnel ACID	20
2.2 La compensation et les transactions de longue durée	21

2.2.1	Modèles transactionnels avancés	22	
2.2.2	La compensation dans les langages de modélisation et d'exécution des processus d'affaires	24	
2.2.3	D'autres approches de gestion d'erreurs et de compensation dans les processus d'affaires	29	
2.2.4	Récapitulatif	31	
2.3	La modélisation métier	32	
2.3.1	Modélisation orientée par les objectifs	33	
2.3.2	Modélisation orientée par la valeur	35	
2.3.3	Récapitulatif	43	
2.4	Support à la modélisation des processus	44	
2.4.1	Modélisation des processus d'affaires basée sur une analyse métier	44	
2.4.2	Modélisation de la gestion d'exceptions	46	
2.4.3	Discussion	53	
CHAPITRE III			
PRINCIPES DE L'APPROCHE			55
3.1	Identification des activités de compensation	56	
3.2	Extraction de la chaîne de valeurs	59	
3.3	Calcul du point de retour	60	
3.4	Résumé	62	
CHAPITRE IV			
IDENTIFICATION DES ACTIVITÉS DE COMPENSATION			65
4.1	Le cadre REA	66	
4.1.1	Pourquoi REA ?	68	
4.1.2	Principaux concepts de l'ontologie REA	71	

4.1.3	Les transactions économiques	75
4.1.4	Notation proposée	78
4.1.5	Chaîne de valeurs d'un processus d'affaires	80
4.2	Les facteurs de la compensation	83
4.2.1	Sur la notion de facteur de compensation : un exemple	83
4.2.2	Facteurs de classe	85
4.2.3	Facteurs d'instance	104
4.2.4	Récapitulatif	107
4.3	Opérationnalisation des facteurs de compensation	108
4.3.1	Classification des ressources et des événements économiques	109
4.3.2	Instantiation de la chaîne de valeurs	111
4.3.3	Composition de la chaîne de valeurs de compensation	112
4.4	Implémentation	123
4.4.1	Le cadre EMF	124
4.4.2	Méta-modèle REA	125
4.4.3	Prototype de modélisation de la chaîne de valeurs de compensation	128
4.5	Discussion	130
4.5.1	Limites liées à la perspective métier	132
4.5.2	Identification du responsable de l'avortement	133
4.5.3	La prise en charge des chemins alternatifs	134
4.5.4	Faciliter la classification des ressources et des événements économiques	134
4.5.5	Génération (semi-)automatisée de la chaîne de valeurs	135
CHAPITRE V		
EXTRACTION DE LA CHAÎNE DE VALEURS		137
5.1	Motivations	138

5.2	Travaux connexes	140
5.2.1	Extraction des modèles de processus d'affaires depuis le modèle métier	140
5.2.2	Transformation et alignement de modèles	141
5.2.3	Discussion	142
5.3	Aperçu de l'approche	144
5.4	Hypothèses de modélisation	146
5.4.1	Sur la variabilité des modèles	146
5.4.2	Nos hypothèse sur les modèles	149
5.5	Identification des concepts REA	150
5.5.1	Les agents économiques	151
5.5.2	Les ressources économiques	152
5.5.3	Les événements économiques	153
5.5.4	Les associations	155
5.6	Motifs de transformation	158
5.6.1	Pré-traitement du modèle BPMN : suppression des messages entre les participants externes	159
5.6.2	Motifs structurels	165
5.6.3	Motif comportementaux	174
5.6.4	Détection et transformation	180
5.7	Composition de la chaine de valeurs	186
5.8	Implémentation	190
5.8.1	Présentation de l'engin à base de règles Drools	192
5.8.2	Vue globale de l'implémentation	193

5.9	Conclusion	198
CHAPITRE VI		
CALCUL DU POINT DE RETOUR ET DU PÉRIMÈTRE DE LA COMPEN-		
SATION		
6.1	Problématique	200
6.2	Aperçu de l'approche	202
6.2.1	Exemple de processus	203
6.2.2	Principales étapes de l'approche	204
6.2.3	Intégration dans notre approche globale de compensation	207
6.3	CBPMN : Une extension sémantique du processus d'affaires	209
6.3.1	Le méta-modèle CBPMN	211
6.3.2	Critères de validité du modèle	214
6.4	Le tranchage de processus (<i>Business Process Slicing</i>)	217
6.4.1	Théorie du tranchage logiciel	217
6.4.2	Approches similaires	219
6.4.3	Algorithme de tranchage de processus	219
6.4.4	Propriétés d'une tranche	225
6.4.5	Implémentation	227
6.5	Identification des points de retour	229
6.5.1	Filtrage des points de retour	230
6.5.2	Classement des points de retour : heuristiques d'optimisation	234
6.6	Discussion	238
6.6.1	Compensation et recouvrement d'erreurs	239
6.6.2	Points d'erreurs et chemins alternatifs	239
6.6.3	Utilisabilité de notre approche	240
6.6.4	Validation de l'approche	241
CHAPITRE VII		
EXPÉRIMENTATIONS ET RÉSULTATS		
		243

7.1	Aspects à valider	243
7.2	Étude A : Validation des facteurs de la compensation et de la modélisation des processus de compensation	246
7.2.1	Questions de recherche	247
7.2.2	Conception de l'étude	249
7.2.3	Exécution de l'étude	266
7.2.4	Analyse des résultats	267
7.2.5	Interprétation	276
7.2.6	Récapitulatif	288
7.3	Étude B : Extraction de la chaîne de valeurs	289
7.3.1	Conception de l'étude	289
7.3.2	Résultats	292
7.3.3	Interprétation et discussion	293
7.3.4	Limites de l'étude	295
7.4	Conclusion	295
CHAPITRE VIII		
CONCLUSION ET PERSPECTIVES FUTURES		297
8.1	Contributions	297
8.2	Perspectives futures	299
8.2.1	Améliorations fondamentales de l'approche	300
8.2.2	Améliorations à l'utilisabilité de l'approche	303
ANNEXES		309
ANNEXE I		
DÉFINITION FORMELLE DES MOTIFS STRUCTURELS BPMN		311

A.1 Conversion pattern	313
A.2 Exchange pattern	314
A.3 Outsourcing pattern	314
A.4 Insourcing pattern	314
A.5 Renting pattern	315
ANNEXE II RÈGLES DE DÉTECTION DE MOTIFS STRUCTURELS	317
ANNEXE III ÉTUDE A : QUESTIONNAIRE	325
ANNEXE IV ÉTUDE A : FACTEURS ASSOCIÉS AUX PROCESSUS DE L'ÉTUDE	409
ANNEXE V ÉTUDE B : DOSSIER DU PARTICIPANT	411
ANNEXE VI PUBLICATIONS	423
BIBLIOGRAPHIE	425

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
1.1 Processus de traitement vente et livraison de ABC Inc.	4
2.1 Taxonomie des techniques de tolérance aux anomalies.	17
2.2 Le modèle transactionnel SAGA.	23
2.3 Exemple de modélisation de la compensation sous BPMN	24
2.4 Extrait de code BPEL avec compensation correspondant au modèle de la figure. 2.3	27
2.5 Exemple de fonctionnement de la compensation avec YAWL. Source : Adams et al. (2007).	30
2.6 Exemple de modèle d'objectifs en GRL. Source : Pourshahid <i>et al.</i> (2014).	34
2.7 Les concepts de l'ontologie REA et leurs relations. Source : Geerts et McCarthy (2001).	36
2.8 Le méta-modèle e ³ value. Source : Akkermans et Gordijn (2003).	37
2.9 Modèle de valeurs e ³ value. Source : Gordijn et Wieringa (2003).	39
2.10 L'ontologie BMO. Source : Osterwalder (2004).	40
2.11 Exemple de modèle métier de haut niveau en BMO. Source : Osterwalder (2004).	40
2.12 Exemple : Les propositions de valeurs du MJF. Source : Osterwalder (2004).	41

2.13	Extrait de la taxinomie de processus de Klein et al. (2000).	48
2.14	Architecture de la base de connaissance de Ghidini et al. (2012).	50
2.15	Cycle de vie d'une activité selon Russel et al. (2006).	51
3.1	Vue globale de l'approche.	56
3.2	Vue globale de notre approche de construction des chaines de compensa- tion basée sur une analyse métier.	58
3.3	Vue globale de notre approche d'extraction de la chaine de valeurs à partir d'un modèle BPMN du processus d'affaires.	59
3.4	Processus d'identification des points de retour.	62
4.1	Échange REA de haut niveau du processus ABC Inc.	67
4.2	Méta-modèle REA.	68
4.3	Transaction de la figure 4.1 montrant la non-simultanéité de l'échange par une créance.	74
4.4	Exemple de conversion.	77
4.5	Légende de la notation REA proposée.	79
4.6	Exemple de conversion de la figure 4.4 reproduit avec la notation proposée.	80
4.7	Chaîne de valeurs du processus de la compagnie <i>ABC Inc.</i>	81
4.8	Conversion liée à l'activité <i>Préparer la commande.</i>	84
4.9	Exemple de conversion : fabrication d'un vélo.	100
4.10	Modèle de compensation résultant de l'application des règles de compen- sation sur la conversion de la figure. 4.9	103
4.11	Chaîne de valeurs du processus de la compagnie <i>ABC Inc.</i>	110

4.12 Exemple d'instantiation de la chaîne de valeurs.	113
4.13 Renversement de la chaîne de valeurs de la figure 4.11.	115
4.14 Saga après l'application des facteurs de compensation.	118
4.15 Émission d'une créance sur Produits.	119
4.16 Règle d'annulation des transactions liées à une créance.	120
4.17 Chaîne de valeurs résultante de l'application de notre algorithme de mo- délisation de la compensation.	123
4.18 Méta-modèle REA implémenté dans EMF.	126
4.19 Méta-modèle REA - Niveau d'instantiation.	128
4.20 Capture d'écran de l'éditeur de chaînes de valeurs REA.	129
5.1 Vue globale de notre approche de construction de la chaîne de valeurs à partir d'un modèle BPMN du processus d'affaires.	144
5.2 Processus de vente et distribution de la compagnie ABC Inc. complété avec les objets de données.	147
5.3 Correspondances entre le méta-modèle REA et le méta-modèle BPMN.	151
5.4 Concepts REA identifiés pour l'activité « Préparer la commande ».	156
5.5 Illustration d'un message entre participants externes.	161
5.6 Exemple de modèle BPMN comportant de multiples points communicants.	163
5.7 Cas où les points vis-à-vis ne sont pas comparables.	165
5.8 Remplacement du message entre participants externes de la figure 5.5.	166
5.9 Motif de conversion.	168

- 5.10 Motif d'échange. 169
- 5.11 Motif de sous-traitance. 170
- 5.12 Motif de location. 172
- 5.13 Exemple illustrant le motif des branches indépendantes. 175
- 5.14 Exemple illustrant le motif de la dépendance de ressources. 177
- 5.15 Chaîne de valeurs REA correspondant au processus de la figure. 5.14 . . 178
- 5.16 Exemple illustrant le motif de responsabilité interne. 179
- 5.17 Exemple d'échanges produits par l'identification des motifs de la figure 5.2.187
- 5.18 Chaîne de valeurs résultante obtenue après composition des transactions
REA. 191
- 5.19 Groupes de règles et leur flux d'application par Drools (rule-flow.rf). . . 195

- 6.1 Exemple illustratif pour le calcul du point de retour. 203
- 6.2 Modèle informationnel. 204
- 6.3 Instance de la chaîne de valeurs de la figure 4.7 (Interruption suite à la
non disponibilité de la compagnie de transport). 208

- 6.4 Le méta-modèle CBPMN. 212
- 6.5 Exemple de la figure 6.2.1 étendu avec des contraintes. 215
- 6.6 Résultat du tranchage sur l'exemple de la figure 6.5. 225
- 6.7 Vue architecturale de notre implémentation du tranchage de processus. . 227

- 7.1 Répartition des sujets de l'étude A par industrie. 250

7.2	Processus de fabrication, vente et distribution de vélos sur mesure utilisé dans l'étude A.	254
7.3	Pourcentage des participants pour lesquels un facteur a été détecté dans leurs processus manuel.	268
7.4	Moyenne des scores de pertinence de chaque facteur attribués par les sujets.	269
7.5	Taux de rappel et précision pour toutes les observations (n=147).	272
7.6	Taux de précision par processus.	273
7.7	Taux de rappel par processus.	274
7.8	Répartition par quartiles des résultats sur l'utilité perçue et l'intention d'utilisation.	276
7.9	Taux de découverte par processus et par catégorie de participant.	283
7.10	Précision et rappel de l'étude B, calculées par processus.	293
8.1	Vue architecturale de l'ontologie de compensation proposée.	305

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
2.1 Cinq intentions des modèles d'objectifs selon Horkoff et Yu (2011).	35
4.1 Liste des droits transférés et propriétés altérées dans la chaîne de valeurs, figure 4.7.	82
4.2 Règles de compensation pour le facteur : Type de transaction.	90
4.3 Règles de compensation pour le facteur : Type de ressource.	92
4.4 Règles de compensation pour le facteur : Type de propriété.	96
4.5 Règles de compensation pour le facteur : Type de transaction.	99
4.6 Liste des événements de la conversion figure 4.9 accompagnés de leurs types.	101
4.7 Liste des ressources économiques de la conversion figure 4.9 accompagnées de leurs types.	101
4.8 Listes des propriétés altérées par la conversion de la figure 4.9.	101
4.9 Règles de compensation pour le facteur : Type de transaction.	107
4.10 Liste des facteurs de compensation.	107
5.1 Heuristique des ressources orphelines : liste des motifs partiels.	184
7.1 Objets (processus d'affaires) de l'étude A.	253
7.2 Liste des facteurs de compensation à valider.	256
7.3 Moyenne des scores de pertinence de chaque facteur attribués par les sujets.	269

7.4	Tests de Wilcoxon et de Signe sur la précision (par processus).	270
7.5	Statistiques descriptives : Précision et rappel pour toutes les observations.	271
7.6	Statistiques descriptives : Précision par processus.	273
7.7	Statistiques descriptives : Taux de rappel par processus.	274
7.8	Statistiques descriptives : validité globale perçue des processus de compensation générés.	275
7.9	Statistiques descriptives : Utilité et Intention d'utilisation.	276
7.10	Commentaires des répondants relativement au processus P6.	280
7.11	Taux de découverte calculé par processus et globalement.	282
7.12	Taux de découverte par processus et par catégorie de participant. . . .	283
7.13	Résultats de l'étude B.	292

LISTE DES ALGORITHMES

4.1	Algorithme de construction de la chaîne de valeurs de compensation.	114
4.2	Instructions de notre prototype pour la génération des modèles de compensation (un exemple).	130
5.1	Construction de la chaîne de valeurs.	188
5.2	Construction de la base de faits.	195
5.3	Exemple de règle : motif de conversion.	197
6.1	Tranchage de modèles de processus CBPMN (récuratif).	222

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

ACID Atomicité, Cohérence, Isolation et Durabilité

API Application Programming Interface

B2B Business-to-Business

BPEL Business Process Execution Language

BPMN Business Process Modeling and Notation

EMOF Essential MOF

ER Entité-Relation

FCT Fault-Compensation-Termination

MDA Model-Driven Architecture

MDE Model-Driven Engineering

MOF Meta-Object Facility

POJO Plain Old Java Object

REA Resource-Event-Agent

SGBD Système de Gestion de Base de Données

SOA Architectures orientées service

TLD Transaction de longue durée

UMM UN/CEFACT Modeling Methodology

XMI XML Metadata Interchange

XML eXtensible Markup Language

YAWL Yet Another Modeling Language

RÉSUMÉ

Les entreprises implantent des systèmes d'information pour soutenir leurs processus d'affaires. Cependant, avant que les processus ne puissent être implémentés, ils doivent être définis et leurs objectifs établis. La définition des processus d'affaires implique leur formalisation sous forme de modèles où les analystes d'affaires définissent la séquence d'activités nécessaires dans le but de réaliser les objectifs d'affaires de l'entreprise. Cependant, dans leur tâche, les analystes se concentrent souvent uniquement sur la modélisation des chemins « normaux » du processus d'affaires, à savoir, la séquence d'activités si tout se passait tel que prévu. Les chemins d'erreurs sont ainsi souvent ignorés et, parmi les raisons évoquées, les analystes citent la complexité de la tâche et le manque d'outils à leur disposition (Ben-Eliahu et Elhadad, 2009). Or, les erreurs possibles sont nombreuses (He et Watters, 2007) et ne sont pas des détails d'implémentation, mais des problèmes métiers (Mili et al., 2006). Certains auteurs vont jusqu'à affirmer que la modélisation des chemins d'erreurs dans les processus d'affaires monopolise entre 60% et 80% de l'effort de modélisation (Love, 2007; Greenfield et al., 2006).

La modélisation et la gestion des chemins d'erreurs dans les processus repose sur plusieurs techniques. Parmi ces techniques, la *compensation* permet d'annuler les effets du processus d'affaires, suite à un avortement du processus, en engageant des actions ayant *sémiotiquement* les effets inverses de ce qui s'est produit durant l'exécution.

Dans cette thèse, nous proposons une méthodologie semi-automatique pour la modélisation des processus de compensation des processus d'affaires, dans le but de fournir un cadre et des outils pour assister les analystes d'affaires dans la modélisation de leurs processus de compensation. Au meilleur de nos connaissances, aucune approche n'a été proposée pour répondre à cette problématique. En effet, les travaux de la littérature ayant porté sur la compensation se sont intéressés uniquement aux aspects techniques de séquençement et d'exécution des processus de compensation, et aucun ne s'est intéressé à la modélisation des chemins de compensation. Or, nous croyons que la compensation est avant tout un problème métier et qu'elle doit être traitée sous cet angle.

Notre approche de modélisation des processus de compensation repose sur une analyse métier du processus d'affaires dans le cadre de l'ontologie REA (McCarthy, 1982). Nous proposons un cadre en quatre étapes visant à construire des modèles de processus de compensation à partir d'un modèle de processus d'affaires. Dans la première étape, qui est au coeur de notre approche, nous avons identifié les paramètres métiers décisionnels de la compensation sous la forme de *sept facteurs de compensation*. Grâce à ces facteurs, nous sommes en mesure d'élucider les activités de compensation d'un processus d'affaires et de construire les modèles de compensation qui renversent intégralement

les effets d'exécution d'un processus. Ensuite, nous nous intéressons à la problématique des compensations partielles. Celles-ci permettent de compenser un processus d'affaires ayant avorté jusqu'au point duquel il peut corriger son état et reprendre son exécution. À ce titre, nous proposons une approche basée sur la technique du tranchage (*slicing*), que nous adaptons au contexte des processus d'affaires, et un ensemble d'heuristiques que nous proposons. Ces deux étapes reposent sur le modèle métier du processus d'affaires, exprimé en REA, que nous considérons comme donné, et produisent un processus de compensation, également exprimé en REA. Ainsi, la troisième étape de notre méthodologie concerne la construction du modèle métier du processus (en REA) à partir de son modèle dynamique (BPMN). Pour ce faire, nous proposons un ensemble de motifs structurels et comportementaux et de règles de transformation. Finalement, la dernière étape concerne la réciproque, à savoir la transformation d'un modèle métier REA en un modèle dynamique. Ainsi, notre méthodologie en quatre étapes nous permet d'obtenir un modèle de processus de compensation en BPMN à partir du flux normal du processus, également en BPMN.

Nous proposons une implémentation pour chacune des approches et nous avons validé nos travaux à travers deux études empiriques. Ces études ont montré, principalement, que notre approche de modélisation des processus de compensation (1) permet d'identifier des activités de compensation avec un taux de précision de 90% et un taux de rappel de 84% et (2) que les analystes d'affaires interrogés reconnaissent l'utilité pratique de l'approche et expriment leur intention de l'utiliser.

Mots-clés : Compensation, Processus d'affaires, Modélisation, Modélisation métier, Chaine de valeurs, Aide à la modélisation, REA.

ABSTRACT

Companies build information systems to support their business processes. However, these need to be clearly defined and their objectives stated before being implemented. Defining a business process involves its formalization into models where business analysts establish the sequence of actions needed in order to achieve its business objectives. However, in doing so, the analysts often focus only on the "happy-paths" of the processes, that is the sequence of actions if everything goes according to plan. Thus, erroneous paths are often ignored for various reasons, such as the complexity of the task or the lack of tool support (Ben-Eliahu et Elhadad, 2009). Yet, error paths are numerous (He et Watters, 2007) and usually consist of business problems rather than implementation details (Mili et al., 2006). Moreover, some authors go as far as estimating that modeling erroneous paths in business processes uses between 60% and 80% of the modeling effort (Love, 2007; Greenfield et al., 2006).

Many techniques are available to model and handle error paths in business processes. *Compensation* is one of these techniques and it aims at cancelling the effects of a business process once its execution has aborted, by engaging actions that *semantically* reverse the effects of the process execution.

In this thesis, we propose a semi-automatic methodology to model compensation processes in order to provide a framework and a toolset to assist business analysts in modeling their compensation processes. To the best of our knowledge, no approach has been proposed to respond to this. Indeed, the body of research from the literature on compensation focuses solely on the technical language and execution aspects of compensation rather than on the compensation modeling problem. However, we argue that compensation is first and foremost a business problem and should be considered in that perspective.

Our compensation modeling approach is based on a business analysis within the context of the REA ontology (McCarthy, 1982). We propose a four-step framework aiming at constructing compensation process models from a business process models. As a first step, which is at the heart of our approach, we identified a set of compensation-specific parameters and codified them as *seven compensation factors*. Relying on these factors, we were able to elicit compensation activities of a business process and build compensation models that completely reverse the effects of the process execution. In a second step, we were interested in solving the partial compensation problem. Partial compensations enable us to compensate a business process that has aborted up to a point where it can fix its state and continue the execution. To do so, we developed an approach based slicing, that we adapted to the business process context, along with a set of heuristics

we propose. These two steps use as an input a business model of the process, expressed within the REA ontology and that we consider given, and produce a compensation process, also in REA. Thus, the third step of our methodology concerns the construction of business models (in REA) from the dynamic business process view (BPMN). To do so, we propose a set of structural and behavioral patterns and transformation rules. Finally, the last step focuses on the reciprocal treatment, that is, transforming a REA business model into a dynamic process model. Therefore, our four-step methodology enables us to generate a compensation process model, in BPMN, from a business process model expressing the happy-path, also in BPMN.

We propose implementations for each of our approaches and we have validated our work through two empirical studies. These studies have mainly demonstrated that our compensation process modeling approach (1) discovers compensation activities with a 90% precision rate and a 84% recall rate, and (2) is deemed useful by business analysts, who have expressed their intension to use it.

Keywords: Compensation, Business processes, Modeling, Business modeling, Value chains, Modeling support, REA.

CHAPITRE I

INTRODUCTION

Les entreprises implantent des systèmes d'information pour soutenir leurs processus d'affaires. Cependant, avant que les processus ne puissent être implémentés, ils doivent être définis et leurs objectifs établis. La définition des processus d'affaires implique leur formalisation sous forme de modèles où les analystes d'affaires définissent la séquence d'activités nécessaires dans le but de réaliser les objectifs d'affaires de l'entreprise. Cependant, dans leur tâche, les analystes se concentrent souvent uniquement sur la modélisation des chemins « normaux » du processus d'affaires, à savoir, la séquence d'activités si tout se passait tel que prévu. Les chemins d'erreurs sont ainsi souvent ignorés et, parmi les raisons évoquées, les analystes citent la complexité de la tâche et le manque d'outils à leur disposition (Ben-Eliahu et Elhadad, 2009). Or, les erreurs possibles sont nombreuses (He et Watters, 2007) et ne sont pas des détails d'implémentation, mais des problèmes métiers (Mili et al., 2006). Certains auteurs vont jusqu'à affirmer que la modélisation des chemins d'erreurs dans les processus d'affaires monopolise entre 60% et 80% de l'effort de modélisation (Love, 2007; Greenfield et al., 2006).

La modélisation et la gestion des chemins d'erreurs dans les processus reposent sur plusieurs techniques. Parmi ces techniques, la *compensation* permet d'annuler les effets du processus d'affaires, suite à un avortement du processus, en engageant des actions ayant *sémantiquement* les effets inverses de ce qui s'est produit durant l'exécution.

Dans cette thèse, nous proposons une méthodologie originale pour la modélisation des processus de compensation des processus d'affaires, dans le but de fournir un cadre et des outils pour assister les analystes d'affaires dans la modélisation de leurs processus de compensation. Au meilleur de nos connaissances, aucune approche n'a été proposée pour répondre à cette problématique. En effet, les travaux de la littérature ayant porté sur la compensation se sont intéressés uniquement aux aspects techniques de séquençement et d'exécution des processus de compensation. Aucun travail ne s'est intéressé à la modélisation des chemins de compensation.

L'approche que nous proposons repose sur une analyse et un cadre conceptuel métiers du processus d'affaires. En effet, nous soutenons que la compensation est avant tout un problème métier et que nous devons la traiter sous cet angle. Devant les différentes

façons de compenser pour un processus d'affaires donné, nous soutenons être en mesure de déterminer un nombre restreint de facteurs décisionnels qui nous permettraient d'identifier les activités nécessaires pour compenser un processus.

Dans cette introduction, nous commencerons par définir les notions relatives à la modélisation de la compensation ainsi que par présenter un exemple de processus d'affaires que nous utiliserons pour illustrer notre approche tout au long de cette thèse, dans la section 1.1. Ensuite, nous exposerons, dans la section 1.2, la problématique liée à la modélisation de la compensation que nous allons traiter. Dans la section 1.3, nous présenterons un survol de notre approche. Nous terminerons par donner le plan de la thèse à la section 1.4.

1.1 La compensation

Notre recherche s'inscrit dans le cadre de la modélisation des processus d'affaires et, plus spécifiquement, dans la modélisation de la compensation des processus d'affaires. Cette section est dédiée à introduire le lecteur en définissant ces différentes notions et en les illustrant grâce à un processus d'affaires simplifié de vente et distribution.

1.1.1 Définition des processus d'affaires

Avant de définir un processus d'affaires, nous devons définir ce qu'est un processus. Selon Feiler et Humphrey (1993), un processus est « un ensemble d'étapes partiellement ordonnées permettant l'atteinte d'un objectif. »¹. De cette définition, nous identifions trois notions qui caractérisent un processus : (1) l'objectif soutenu par le processus, (2) les étapes ou activités nécessaires pour l'atteinte de l'objectif, et (3) l'ordre selon lequel ces activités doivent se produire.

Hammer et Champy (1993) définissent un processus d'affaires comme étant « un ensemble d'activités prenant une ou plusieurs sortes d'entrées et produisant une sortie qui a une valeur pour le client » (Hammer et Champy, 1993, cité par David (1997), traduction libre). D'une manière plus générale, Davenport et Short (1998) définissent un processus d'affaires comme étant « un ensemble de tâches, logiquement liées, effectuées

1. Traduction libre.

pour parvenir à un résultat métier défini ». Il s'agit donc d'un processus dont l'objectif correspond à des considérations métier. Nous partageons ces avis et les considérons complémentaires. Nous noterons que la définition de Hammer et Champy (1993) introduit les notions d'entrées (consommées ou utilisées) et de sorties (produites) et précise les objectifs d'affaires en les reliant à la valeur perçue par le client.

1.1.2 La modélisation de processus d'affaires

Selon Curtis *et al.* (1992), « un modèle est une représentation abstraite d'une réalité excluant la plupart des détails, d'ordre infini, du monde réel » (traduction libre). Nous construisons des modèles dans le but de mieux comprendre et caractériser des phénomènes en excluant les détails non-pertinents. La modélisation de processus d'affaires vise à définir le processus, sous forme de modèles, dans le but de les communiquer, de les analyser et de les mettre en oeuvre. McCormack (2001) définit la modélisation des processus d'affaires comme « *the identification and sequencing of work activities, tasks, resources, decisions, and responsibilities across time and place, with a beginning and an end, along with clearly identified inputs and outputs* ». La modélisation d'un processus d'affaires peut se faire à différents niveaux d'abstraction allant de la simple expression d'exigences au modèle détaillé de bas niveau destiné à être exécuté par un engin (Weske, 2012).

1.1.3 Exemple illustratif

Afin de mieux motiver notre problématique, nous présentons un exemple de processus de vente et distribution de la compagnie fictive *ABC Inc.*

Le processus démarre lorsque *ABC Inc.* reçoit une commande de son client à travers son site Internet (par exemple). Une fois reçue, la commande est préparée en entrepôt pour expédition. Parallèlement, le paiement du montant de la commande est débité de la carte de crédit du client en recourant aux services d'une banque. Une fois ces deux étapes effectuées, la commande est expédiée en utilisant les services d'une compagnie

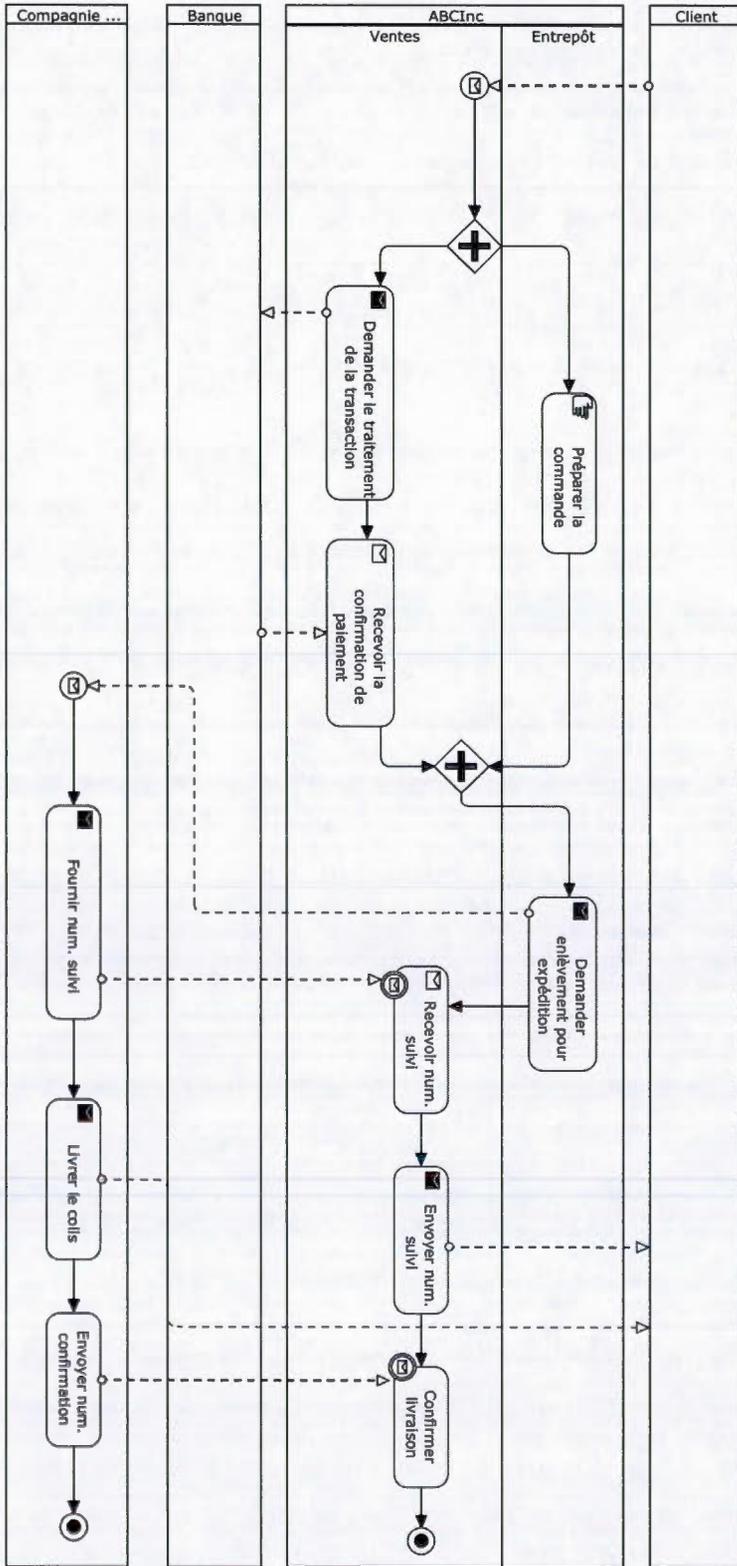


FIGURE 1.1 Processus de traitement vente et livraison de ABC Inc.

de transport. Celle-ci, une fois qu'elle a pris en charge le colis, transmet à *ABC Inc.* un numéro de suivi qui, à son tour, le transfère à son client. Lorsque le colis est livré au client par la compagnie de transport, celle-ci recueille la signature du client qui en accepte la livraison. Finalement, la compagnie de transport envoie à *ABC Inc.* la confirmation de la livraison, ce qui met fin au processus.

L'exemple est illustré à la figure 1.1 sous forme d'un modèle BPMN (Object Management Group (OMG), 2011). En plus d'exemplifier notre problématique, ce cas sera utilisé dans l'illustration de notre approche et notre méthodologie tout au long de cette thèse.

1.1.4 Qu'est-ce que la compensation d'un processus d'affaires ?

Pour bien comprendre la compensation, revenons à notre exemple présenté ci-dessus et considérons le cas où le client changerait d'avis alors que sa commande est déjà en route vers son adresse de livraison. *ABC Inc.* doit annuler la livraison et demander au transporteur de retourner le colis. Une fois retourné, le produit doit être déballé et remis en inventaire. De plus, des frais de transport et de manutention ont été engagés, et pourraient être déduits du montant à rembourser au client.

Cet exemple nous montre que, dans le cadre d'un processus d'affaires, plusieurs activités ont des conséquences qui vont au-delà du système d'informations. De plus, un processus d'affaires se déroule typiquement sur de longues durées de sorte que les informations du processus ne peuvent être verrouillées afin de traiter les exceptions par un simple retour arrière (*rollback*) de base de données.

Ainsi, pour rétablir l'état du système devant une exception, nous devons effectuer des traitements visant à *renverser sémantiquement* les effets des activités du processus ; c'est ce que nous appelons la *compensation du processus d'affaires*. Gray (1992) a défini la compensation comme étant « les mesures prises pour rétablir le processus d'une erreur ou faire face à un changement de plan » (traduction libre).

1.2 Problématique de la modélisation de la compensation

De nos jours, les systèmes d'information (SI) supportent, en grande partie, les activités et les processus en entreprise. Au sein des SI, les processus d'affaires occupent une place de plus en plus prépondérante et constituent des actifs importants d'une organisation. Cependant, face à des réalités changeantes, à des législations qui évoluent et à un contexte concurrentiel les obligeant à revoir leurs pratiques, les processus d'affaires sont en constante évolution. De fait, une étude menée par le Gartner Group comptant, parmi ses participants 1 400 dirigeants principaux de l'information (CIO), a montré que l'amélioration continue de leurs processus d'affaires constitue leur principale priorité.

Cependant, la réussite de l'ingénierie ou de la ré-ingénierie de ces processus dépend de la capacité des analystes à gérer les différentes exceptions qui peuvent se produire (He et Watters, 2007). Les sources de ces exceptions sont nombreuses et amplifiées par la longue durée des processus, un faible couplage et les erreurs transitoires pouvant survenir. La gestion des erreurs implique le maintien de la cohérence de l'état du système et peut requérir le renversement des effets antérieurs à travers la compensation du processus.

La compensation, telle que définie dans la section précédente, est une technique permettant de garantir la cohérence du système en renversant les effets des activités qui ne peuvent être traitées par un simple *rollback* des données. Les sources d'erreurs sont nombreuses et tout processus d'affaires robuste se doit d'être tolérant aux fautes en ayant recours à des techniques transactionnelles qui reposent, entre autres, sur la compensation (voir section 2.2.1). Cependant, la compensation d'une activité donnée est une tâche complexe dont les répercussions peuvent sortir du cadre organisationnel. La tâche d'identification des activités de compensation (c.-à-d. ce qui doit être fait pour compenser) est confiée aux analystes d'affaires qui ne disposent généralement pas de mécanismes ou de guides pouvant les aider dans sa réalisation. Ce peu d'assistance et le manque d'encadrement en fait une activité sujette aux erreurs et aux omissions et souvent reléguée aux détails d'implémentation. Nous illustrons cette complexité en recourant à notre exemple dans la sous-section 1.2.1.

Les travaux s'étant intéressés à la problématique de la compensation se sont concentrés sur les aspects liés aux langages et à la coordination des activités compensatoires (voir section 2.2). Nous soutenons, dans la section 1.2.2, que la compensation est avant tout un problème métier et que son analyse ne doit pas être reléguée à la phase d'implémentation.

1.2.1 La modélisation de la compensation est une activité complexe

Retourons à notre exemple de la figure 1.1. Au-delà du chemin normal du processus, nous pouvons identifier un certain nombre de cas alternatifs traitant les cas où, par exemple : a) le produit commandé est en rupture de stock, b) le paiement a été rejeté, c) la mauvaise commande a été expédiée, d) la commande a été livrée à la mauvaise adresse, ou e) le client a simplement annulé sa commande. Au moment où de telles exceptions surviennent, on doit souvent arrêter le processus et tenter de le retourner à un point d'où il peut reprendre son exécution (ex. : choisir un autre mode de paiement), ou encore le rétablir à un état (*pseudo*) initial. Ceci peut impliquer de défaire les effets réels et tangibles des activités qui ont précédé l'exception.

Tout processus robuste se doit de tenir compte de nombreux chemins « alternatifs » pour gérer les cas où ça ne se passerait pas tel que prévu. Ces cas d'exceptions sont encore plus importants dans un contexte inter-organisationnel de longue durée où les systèmes informatiques sont faiblement couplés et hétérogènes, faisant souvent intervenir des usagers dans des activités manuelles. À ce titre, plusieurs auteurs soutiennent que l'identification et la gestion des cas d'exceptions de processus d'affaires constituent une part importante (jusqu'à 80%) de l'effort de modélisation et d'implémentation d'un processus d'affaires (Love, 2007; Greenfield et al., 2006). De plus, il existe de multiples façons de récupérer le système d'une exception donnée et de compenser pour ses activités (He et Watters, 2007). À plus forte raison, les structures actuelles des langages de modélisation requièrent que le consommateur d'un service définisse les activités compensatoires pour les activités qu'il « consomme », même si celles-ci sortent de son cadre organisationnel (Mili et al., 2006).

Dans cette tâche, aucune aide n'est proposée à l'analyste. Par conséquent, des auteurs observent que les analystes relèguent les aspects de gestion d'erreurs (et de compensation) aux détails d'implémentation. Les raisons invoquées sont que (Ben-Eliahu et Elhadad, 2009) :

- les outils de modélisation actuels ne prennent pas en charge adéquatement la gestion d'erreurs ;
- les analystes d'affaire ne disposent pas des compétences requises pour analyser les erreurs et chemins alternatifs ;
- la modélisation des cas d'erreurs complexifie indûment le modèle ; et
- en pratique, les cas d'erreurs sont généralement pris en charge par un humain et non traités de façon automatique.

Nous soutenons, cependant, que la gestion d'erreurs relève essentiellement de considérations métier (voir sous-section 1.2.2) et, par conséquent, celle-ci doit être traitée au niveau de l'analyse. Nous estimons donc qu'il est nécessaire d'établir un cadre de travail permettant d'assister l'analyste dans la réalisation de cette tâche.

1.2.2 La compensation est un problème métier

Plusieurs auteurs et acteurs de l'industrie² soutiennent que la modélisation des processus d'affaires doit être considérée sous un angle métier tenant compte des objectifs d'affaires soutenus par le processus (Neiger, Churilov et Flitman, 2009; Andersson, Johannesson et Zdravkovic, 2008; Vom Brocke, Mendling et Recker, 2008; Derks et Weston, 2005). Nous partageons ces avis et plaidons que la gestion d'erreurs en général, et la compensation en particulier, doivent également être traitées selon des considérations métier lors de la phase d'analyse.

Pour illustrer notre point de vue, supposons, dans notre exemple de la figure 1.1, que le processus ait avorté en raison d'une mauvaise adresse fournie par le client et intéressons-nous à la compensation de l'activité *Demander le traitement de la transaction*. Un renver-

2. <http://www.soa-manifesto.org/>, dernier accès le 20/12/2015

sement « naïf » de l'activité consisterait à rembourser le paiement au client. Cependant, doit-on rembourser le paiement intégralement alors que des frais de préparation et éventuellement de transport ont été impliqués ? Est-ce que la politique d'affaire de *ABC Inc.* est permissive à cet égard et se propose d'absorber les frais ? Et comment compenserions-nous cette même activité si la mauvaise étiquette avait été collée par l'agent de *ABC Inc.* ? Ces questions nous montrent qu'il existe plusieurs façons de compenser pour la même activité allant au-delà du simple renversement technique des effets du processus.

Selon Neiger (2009), la majeure partie des travaux de recherche dans le domaine de la modélisation des processus métier s'est consacrée à décrire et à formaliser l'ordre des activités plutôt que d'en analyser et d'en représenter les objectifs métier (Neiger, Churilov et Flitman, 2009, p. 1-3). Nous partageons cet avis et considérons que, dans le cas de la compensation, les études ont porté essentiellement sur les aspects techniques de coordination et sur les constructions des langages de modélisation. Certaines études ont proposé des approches métier pour aider l'analyste dans l'identification et la modélisation des traitements d'erreurs mais supposent que l'analyste fournisse les activités compensatoires (c.-à-d. il est pris pour acquis que l'analyste saura comment compenser). Cependant, au meilleur de notre connaissance, aucune étude n'a porté spécifiquement sur la compensation et, à travers notre étude, nous nous proposons de combler ce vide. Nous donnons un aperçu de haut niveau de notre approche dans la section qui suit.

1.3 Survol de notre approche

Dans cette thèse, nous proposons une approche originale et novatrice traitant de la modélisation des processus de compensation. Pour un processus d'affaires donné et un point d'interruption donné dans le processus, notre objectif est de construire un processus de compensation répondant aux exigences de l'analyste. Pour ce faire nous reposons sur une analyse et une décomposition métier du processus d'affaires dans le cadre conceptuel de l'ontologie REA (McCarthy, 1982). Le cadre REA fut proposé par McCarthy (1982) originalement comme cadre comptable dans le but de remplacer le système traditionnel de comptabilité à double entrée. À travers cette ontologie, il propose de représenter

les phénomènes économiques d'importance prenant place dans une organisation. Ces phénomènes sont modélisés sous forme d'échanges économiques, où un des acteur cède un bien (ressource économique) dans le but d'en acquérir un autre en échange.

Notre approche repose sur une intuition formulée en 2006 par Mili *et al.* s'appuyant sur ce cadre REA (Mili *et al.*, 2006). L'idée principale fut que si nous sommes en mesure de représenter les phénomènes économiques issus du processus d'affaires sous la forme d'un ensemble d'échange de la forme « l'organisation cède un bien A à un autre participant pour recevoir un autre bien B en échange », alors compenser ces phénomènes *reviendrait* simplement à « l'organisation retourne le bien B à son propriétaire initial et récupère son bien A ». Bien que la réalité soit plus complexe, cette intuition nous a guidé tout au long de cette thèse. En effet, dans le monde réel, les phénomènes économiques ne se résument pas à des échanges de ressources économiques, il existe plusieurs types de ressources économiques et de traitements ; autant de paramètres pouvant affecter la façon de compenser un processus d'affaires.

Ainsi, la première partie de ce travail a consisté à analyser le cadre REA ainsi que différents types de processus dans le but d'identifier quels étaient les facteurs décisionnels entrant en ligne de compte lors de la modélisation des processus de compensation. Nous avons établi sept de ces facteurs de compensation qui traitent d'aspect métier de haut niveau tels que le type d'échange économique, le type de ressources économiques impliquées ou les politiques organisationnelles. Ensuite, nous avons défini les règles permettant d'identifier les activités de compensation selon la configuration de ces facteurs. Ces facteurs constituent notre principale contribution et nous ont permis de développer un algorithme permettant de construire un processus de compensation sous forme d'une chaîne de valeurs (c.-à-d. exprimé en REA).

Cependant, et dans le but d'améliorer l'utilisabilité de notre approche, nous avons cherché à déduire une chaîne de valeurs REA à partir d'un modèle de processus d'affaires. En effet, notre approche d'identification des activités de compensation reposant sur l'analyse d'une chaîne de valeurs REA, ce travail nous permet de construire cette chaîne de valeurs

automatiquement afin de permettre à l'utilisateur de notre approche de s'abstraire de cette représentation en chaîne de valeurs. Pour ce faire, nous avons proposé un ensemble de motifs qui représentent une configuration structurelle générique du processus et y avons associé les échanges REA correspondants. Ceci nous permet d'obtenir, pour un processus donné, un ensemble d'échanges REA que nous assemblons par la suite pour former une chaîne de valeurs.

Finalement, dans la dernière partie de cette thèse, nous avons considéré la problématique des compensations partielles. En effet, les processus de compensation produits par notre approche, jusqu'alors, visent à annuler tous les effets de l'exécution d'un processus et de le rétablir dans un état initial. Cependant, nous soutenons que dans plusieurs situations, il n'est pas souhaitable d'annuler une exécution intégralement et qu'il serait préférable de retourner le processus à un point antérieur, duquel nous pourrions reprendre l'exécution en ayant corrigé l'erreur ou en empruntant un chemin alternatif. Pour ce faire, nous proposerons d'étendre la définition du processus d'affaires par les informations qui décrivent la sémantique des activités. À partir de ces informations, nous utiliserons des heuristiques ainsi que la technique du tranchage logiciel, que nous adapterons au contexte des processus d'affaires. Ceci nous permettra d'obtenir un ensemble de *points de retour* candidats que nous classerons par la suite par ordre de pertinence selon un ensemble de mesures.

Dans la section suivante, nous présentons comment nous avons réparti ces travaux dans les différents chapitres de cette thèse.

1.4 Plan de la thèse

Ce manuscrit est organisé en huit chapitres incluant cette introduction. Dans le prochain chapitre (chapitre 2), nous présentons notre revue de la littérature. Dans cette revue, nous avons situé la compensation dans son contexte global de gestion d'erreurs et de tolérance aux anomalies. Ensuite, nous nous intéressons aux techniques d'implémentation de la compensation dans les différents langages de modélisation et d'exécution des processus

d'affaires. Suite à cela, nous passons en revue les travaux portant sur la problématique de la modélisation métier et énumérons les différents langages, normes et ontologies permettant de construire des modèles métier. Finalement, compte tenu l'inexistence de travaux qui portent spécifiquement sur la modélisation des processus de compensation, nous avons considéré les travaux qui se rapprochent *partiellement* de notre approche. Nous nous sommes d'abord intéressés aux approches existantes qui portent sur la modélisation des processus d'affaires en se basant sur des analyses métier. Ensuite, nous terminons notre revue en considérant les travaux qui ont porté sur la modélisation de la gestion d'erreur en général et sans égard au type d'analyses effectuées.

Dans le but d'offrir au lecteur une vision globale de notre méthodologie, nous consacrons le chapitre 3 à donner un aperçu plus détaillé des différentes étapes de ce travail.

Dans le chapitre 4, nous présentons la partie centrale de notre approche où nous explicitons notre théorie et notre méthodologie pour identifier les activités de compensation et construire les processus de compensation. Après avoir présenté le cadre REA de façon détaillée, nous introduisons les facteurs de compensation que nous proposons ainsi que les différentes règles de production des activités de compensation basées sur ces facteurs. Ensuite, nous expliquerons comment nous mettons en oeuvre notre approche de construction de la chaîne de valeurs de compensation et présenterons notre implémentation.

Le chapitre 5 portera sur l'extraction de la chaîne de valeurs REA d'un processus d'affaires exprimé en BPMN. Dans un premier temps, après avoir passé en revue les travaux connexes, nous présenterons les différents motifs de transformation que nous avons définis et sur lesquels repose notre approche. Nous terminerons en expliquant comment nous composons la chaîne de valeurs et en décrivant notre implémentation.

Dans le chapitre 6, nous présenterons notre approche pour délimiter le périmètre de la compensation en identifiant les points de retour pertinents pour effectuer des compensation partielles. Nous commencerons par présenter notre méta-modèle CBPMN permettant d'étendre un modèle de processus d'affaires avec une sémantique de ses activités.

Nous détaillerons ensuite notre approche d'identification des points de retour dans un processus CBPMN basé sur le tranchage (*slicing*) et un ensemble d'heuristiques. Nous terminerons en expliquant comment nous comptons optimiser notre résultat en classant les points de retour possibles selon différentes mesures issues de la littérature ou que nous proposons.

Le chapitre 7 sera dédié à la validation de nos approches proposées dans cette thèse, et à la description des expérimentations menées. Plus spécifiquement, nous présenterons deux études empiriques. La première s'intéressera à la validation de trois aspects : (1) la pertinence de nos facteurs de compensation, (2) la pertinence et la cohérence des processus de compensation générés, et (3) l'utilité perçue de notre approche par une population d'analystes d'affaires. Dans la seconde étude, de moindre envergure, nous validons notre approche de construction des chaînes de valeurs REA décrite dans le chapitre 5.

Finalement, nous concluons cette thèse en résumant nos contributions et en énumérant des perspectives futures que nous proposons mener.

CHAPITRE II

REVUE DE LITTÉRATURE

La compensation est une technique de recouvrement d'erreurs qui trouve ses origines dans le domaine du génie logiciel et, plus spécifiquement, dans la vaste thématique de la fiabilité logicielle (software reliability). En particulier, la compensation permet de garantir la cohérence de l'état d'un système dans le cadre de processus transactionnels de longue durée. Afin de mettre le lecteur en contexte, nous présenterons, brièvement et sous forme de tutoriel, les problématiques liées à la fiabilité logicielle et la gestion transactionnelle (section 2.1).

Cependant, les méthodes traditionnelles de la fiabilité logicielle, particulièrement les méthodes de gestion transactionnelles, ont montré leurs limites lorsqu'appliquées dans un contexte inter-organisationnel de longue durée (Garcia-Molina et Salem, 1987; Dayal, Hsu et Ladin, 2001). Nous passerons en revue, dans la section 2.2, les méthodes de recouvrement d'erreurs dans les transactions de longue durée qui reposent sur la compensation. Nous nous intéresserons particulièrement aux implémentations de la compensation dans les langages récents de modélisation et d'exécution de processus d'affaires.

Au-delà de la problématique technique et calculatoire de la compensation, nous nous intéressons particulièrement, dans ce travail, aux aspects métiers de la compensation et comment ceux-ci peuvent nous aider à définir et modéliser les processus de compensation. En effet, dans l'objectif d'assister l'analyste dans la modélisation de ses processus d'affaires, notre approche repose sur une analyse métier du processus d'affaires, à travers son *modèle métier*, pour éliciter les activités de compensation. Ainsi, nous commencerons, dans la section 2.3, par passer en revue les normes et formalismes existants permettant d'exprimer les *modèles d'affaires*. Ensuite, nous consacrerons la section 2.4 à la présentation des différentes approches dédiées au support et à la modélisation des processus d'affaires en général, et la modélisation des processus de gestion d'erreurs en particulier. Bien que ces derniers rejoignent notre problématique, aucun de ces travaux ne s'est intéressé spécifiquement à la compensation. Nous aborderons ainsi la gestion d'erreurs au sens large.

2.1 La tolérance aux anomalies

La tolérance aux anomalies (*fault tolerance*) s'inscrit dans le contexte global de l'ingénierie de la fiabilité logicielle et de la sûreté de fonctionnement (*reliability*). Nous commençons par décrire ces aspects puis nous aborderons les problématiques et techniques de la tolérance aux anomalies. Nous terminons par une brève description des techniques de gestion transactionnelles utilisées comme support à la tolérance aux anomalies dans les applications traditionnelles.

2.1.1 La sûreté de fonctionnement logicielle

De nos jours, le développement logiciel doit répondre à des niveaux de complexité de plus en plus élevés. De plus, les applications doivent supporter des processus complexes du monde réel, dans des domaines souvent critiques (économiques, sécurité, etc.), en plus de répondre à des exigences de performance et de mise en marché contraignantes. De ce fait, la discipline de l'ingénierie de la fiabilité logicielle (Pelliccione et al., 2010; Kienzle, 2008; Lyu, 2007), partie intégrante du génie logiciel, vise à réduire la probabilité que des défaillances se produisent en opération et à garantir la sûreté de fonctionnement. La sûreté de fonctionnement logicielle est « une propriété d'un système logiciel caractérisant son aptitude à éviter des défaillances de service au-delà d'une fréquence et d'une sévérité acceptables » (Avizienis et al., 2004, traduction libre). Plusieurs attributs caractérisent cette propriété, notamment : la *disponibilité*, la *fiabilité*, la *sûreté*, l'*intégrité* et la *maintenabilité* (Avizienis et al., 2004).

Afin de garantir la propriété de sûreté de fonctionnement, l'ingénierie de la fiabilité logicielle repose sur plusieurs techniques. Tout d'abord, la *prévention des anomalies* vise à réduire la probabilité que des erreurs soient commises, lors du développement, en adhérant à un processus de développement rigoureux et discipliné.

Cependant, en raison de la grande complexité d'un logiciel, produire un logiciel sans défaut est un objectif souvent inatteignable. De ce fait, l'ingénierie de la fiabilité logicielle

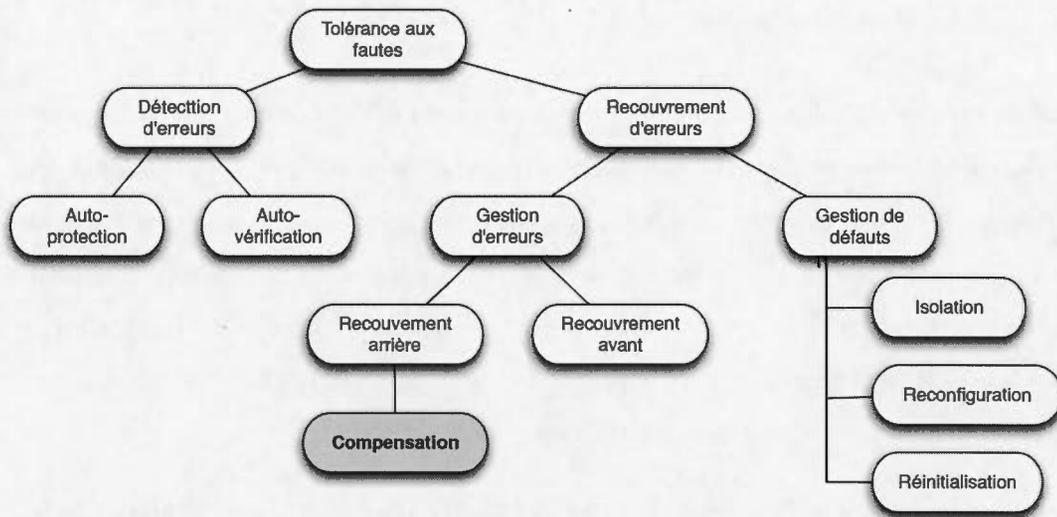


FIGURE 2.1 Taxonomie des techniques de tolérance aux anomalies.

repose également sur la mise en œuvre de techniques permettant d’assurer le maintien du logiciel en opération et d’en garantir la cohérence en cas d’exceptions : la *tolérance aux anomalies*. La compensation s’inscrit dans ce contexte et constitue l’une des techniques applicables pour assurer cette propriété à un système. Nous présentons, ci-dessous, les différents aspects sous-jacents à la tolérance aux anomalies.

2.1.2 Techniques de tolérance aux anomalies

La tolérance aux anomalies est une propriété d’un système ou d’un composant logiciel visant à assurer la continuité du service malgré les erreurs matérielles ou logicielles pouvant survenir (Lyu et Cai, 2007). Visant à l’évitement des défauts de fonctionnement (autant prévisibles qu’imprévisibles), cette propriété est assurée par des techniques et des mécanismes de détection et de recouvrement d’erreurs (Avizienis et al., 2004). Nous présentons ces techniques ci-dessous et nous illustrons, dans la figure 2.1, les différents mécanismes que nous abordons dans cette sous-section.

2.1.2.1 La détection d'erreurs

La détection d'erreurs dans un composant logiciel repose principalement sur deux procédés : l'*auto-protection* et l'*auto-vérification*. Le premier vise à détecter les contaminations externes au niveau des interfaces (ex. : arguments des messages). L'auto-vérification a pour objectif de détecter les erreurs internes au composant. À ce titre, différentes techniques de vérification peuvent être utilisées, telles que les vérifications structurelles et sémantiques, la réplication fonctionnelle, les vérifications temporelles, les vérifications inverses et la redondance des données (Torres Pomales, 2000).

Il résulte de la détection d'une erreur l'émission (*raise*) d'une exception et sa propagation, suivie du déclenchement d'un processus visant à rétablir le système dans un état stable : le *recouvrement d'erreurs* que nous présentons dans le paragraphe qui suit.

2.1.2.2 Le recouvrement d'erreurs

Le recouvrement d'erreurs a pour but de rétablir le système dans un état stable assurant la continuité du service et garantissant la cohérence des données. Les techniques de recouvrement s'appuient sur deux concepts complémentaires : la *gestion d'erreurs* et la *gestion des défauts* (Avizienis et al., 2004). La gestion des défauts vise à empêcher la résurgence d'une erreur préalablement détectée par des techniques telles que le diagnostic, l'isolation de composants, la reconfiguration et la ré-initialisation. La gestion d'erreurs se charge d'assurer la survie du système et la continuité du service suite à la détection d'une erreur. Le recouvrement d'une erreur peut être traité par recouvrement avant ou arrière :

- Le recouvrement arrière (*rollback*) : Retourner le système à un état réputé stable de son état *avant* que l'exception ne se produise.
- Le recouvrement avant (*rollforward*) : En s'appuyant sur une redondance de l'état du système, analyser l'exception et rétablir le système dans un état cohérent.

Bien souvent, un système informatique doit conserver des données de façon permanente dans une base de données. Pour assurer le recouvrement *arrière* des données en cas

d'exception, les techniques de recouvrement reposent sur une abstraction, fournie par le gestionnaire de base de données. Celui-ci assure des propriétés transactionnelles à un ensemble d'opérations qui affectent les informations du système. Nous présenterons ces techniques dans la sous-section 2.1.3. Cependant, dans le cas où nous ne sommes pas en mesure de garantir ces propriétés transactionnelles telles que l'isolation, nous utilisons la technique de la *compensation*. Celle-ci consiste à annuler les traitements ayant été effectués avant l'interruption en exécutant des actions qui en renversent les effets. Nous discuterons, avec de plus amples détails, de la compensation et de ses mécanismes de mise en œuvre dans la section 2.2.

Les techniques présentées jusque là sont génériques et généralement applicables aux systèmes traditionnels. Or, les processus d'affaires impliquent souvent plusieurs participants et s'inscrivent dans un contexte distribué inter-organisationnel. Le paragraphe suivant donne un aperçu des techniques spécifiques à ces systèmes.

2.1.2.3 Le recouvrement d'erreur en programmation distribuée

La gestion d'erreurs dans les systèmes distribués pose d'autres défis comparativement aux systèmes séquentiels traditionnels. Des protocoles doivent être mis en place afin de garantir la communication et la coordination de la gestion des erreurs dans des systèmes physiquement répartis (Xu, Romanovsky et Randell, 2000).

En 1977, Lomet a introduit la notion des *actions atomiques* (Lomet, 1977). Une action atomique isole une collaboration entre composants de sorte qu'aucune communication ne puisse avoir lieu avec d'autres composants externes à l'action atomique. Ainsi, une action atomique peut être considérée comme une opération primitive garantissant les propriétés d'indivisibilité, de non-interférence et de séquençement strict. Chaque composant participant à une action atomique doit sauvegarder son état au début de l'action. Dans le cas où une exception se produirait au sein d'une action atomique, chaque composant devrait rétablir son état au point de sauvegarde du début de l'action.

Randell (1975) a proposé la notion de *conversations*. Son modèle diffère des actions ato-

miques par le fait qu'un ensemble de tests d'acceptation doit être défini pour la conversation. Dans le cas où un test n'est pas satisfait, une exception est émise dont la gestion doit être implémentée par chacun des composants. Les conversations ont l'avantage de permettre autant le recouvrement avant que le recouvrement arrière.

Le concept d'actions atomiques et de conversations a été étendu par Xu et al. (1995) en proposant le principe d'actions atomiques coordonnées (AAC) qui incorpore la notion de transactions à la gestion d'erreur. Pour une revue plus exhaustive des méthodes de recouvrement d'erreurs dans un contexte distribué, nous suggérons la lecture de Randell et al. (2003).

2.1.3 Modèle transactionnel ACID

Les systèmes de gestion de bases de données (SGBD) implémentent depuis des décennies des méthodes permettant de garantir l'intégrité des données en s'appuyant sur la théorie mathématique de la sérialisabilité et en appliquant le concept de transactions. Une transaction regroupe un ensemble d'opérations sur les données en leur garantissant les propriétés d'atomicité, de consistance, d'isolation, et de durabilité (ACID) (Godin, 2006). L'*atomicité* garantit qu'une transaction sera exécutée en entier, ou verra ses effets annulés, comme une unité atomique indécomposable. La *consistance* assure que chaque transaction conserve les données dans un état cohérent avec les contraintes sémantiques d'intégrité qui sont imposées. L'*isolation* se préoccupe des transactions s'exécutant simultanément, prémunissant chacune des effets indésirables des autres (ex. : les lectures impropres). Finalement, la *durabilité* permet d'assurer que les effets d'une transaction finalisée persisteront même dans l'éventualité d'une défaillance du SGBD. En garantissant les propriétés ACID, le SGBD permet au programmeur de ne pas se soucier des détails relatifs à la gestion de l'intégrité des données et de se concentrer sur les aspects métiers en prenant soin d'encapsuler les traitements transactionnels dans des frontières de transaction du SGBD (i.e. *start transaction ... commit / rollback*).

Afin d'assurer les propriétés ACID, les SGBD verrouillent les données durant une tran-

saction de façon à empêcher l'accès à d'autres transactions tant que la transaction en cours n'a pas été validée (*commit*) ou annulée (*rollback*). Cette technique a été éprouvée et s'avère efficace pour des transactions de courte durée impliquant des composants fortement couplés et contrôlés (Papazoglou, 2003). Par contre, elle s'avère inefficace lorsqu'appliquée à des processus d'affaires faisant intervenir des transactions de longue durée et ce pour plusieurs raisons, notamment (Dayal, Hsu et Ladin, 2001) :

- Il n'est pas envisageable de verrouiller les ressources sur les longues durées d'exécution d'un processus d'affaires pour ainsi risquer des problèmes de famine ;
- Les processus d'affaires reposent sur plusieurs sources de données contrôlées de façon indépendante par les acteurs impliqués de sorte que la coordination de telles transactions est complexe et coûteuse ;
- Il n'est pas souhaitable de permettre à des partenaires, externes à l'organisation (et éventuellement concurrentes), le verrouillage des ressources de l'entreprise ; et
- Les processus d'affaires ont souvent des effets physiques réels qui sortent du cadre du système d'information dont l'annulation par des recouvrements arrières est impossible et sémantiquement indésirable.

Pour répondre à cette problématique, des modèles transactionnels avancés, qui reposent sur la technique de la compensation, ont été proposés. Nous présentons ces modèles dans la section qui suit.

2.2 La compensation et les transactions de longue durée

Nous avons présenté dans la section précédente les théories et mécanismes impliqués dans la tolérance aux anomalies et la gestion d'erreurs. Ces techniques ont prouvé leur fiabilité dans le cadre d'opérations de courte durée (de l'ordre de la seconde). Cependant, les processus d'affaires ont la particularité de se produire sur de longues durées (de plusieurs secondes à des années) du fait qu'ils impliquent souvent des interventions humaines et des intervenants en dehors du cadre organisationnel. Bien que la plupart des théories présentées à la section précédente restent applicables, des ajustements doivent être introduits pour tenir compte de cette particularité.

Dans ce qui suit, nous présentons les travaux ayant introduit des modèles transactionnels adaptés à cette réalité : les *modèles transactionnels avancés*. Nous décrirons, par la suite, les implémentations et les extensions de ces modèles transactionnels dans les moteurs d'exécution de flux de travaux (*workflow*) et les architectures orientées services (SOA).

2.2.1 Modèles transactionnels avancés

Afin de pallier aux problèmes posés par les transactions de longue durée (TLD), plusieurs modèles transactionnels ont été proposés visant à relâcher les contraintes d'isolation et d'atomicité d'une transaction. Le modèle Saga (Garcia-Molina et Salem, 1987) repose sur le concept de transactions chaînées. La TLD est décomposée en un ensemble de sous-transactions qui s'exécutent en séquence : les *sagas*. Chaque saga, prise individuellement, doit exhiber les propriétés d'une transaction ACID et doit être en mesure d'effectuer un recouvrement arrière si elle est interrompue. Une fois qu'une saga a été validée (*commit*), ses ressources sont déverrouillées et rendues accessibles à la fois aux autres sagas et aux processus s'exécutant en parallèle. Afin d'assurer les propriétés d'atomicité et d'isolation du processus englobant les sagas, on a recours à des processus de compensation. Ainsi, pour chaque saga, on définit un processus de compensation qui a pour but de renverser *sémantiquement* l'effet de la saga. En cas d'exception impliquant l'annulation de la transaction, la saga en cours d'exécution est renversée via un *rollback* traditionnel tandis que les sagas précédentes (déjà validées) sont compensées dans l'ordre inverse de leur exécution. Nous illustrons ce comportement dans la Figure 2.2.

Le modèle Saga, tel qu'introduit en 1987, ne prenait pas en considération les transactions imbriquées. Moss (1987) et Garcia Molina (1991) ont étendu le modèle (*nested sagas*) pour résoudre cette problématique. Ainsi nous distinguons deux types de sagas : les sagas primitives et les sagas composées, ces dernières encapsulant un ensemble de sagas primitives. Le modèle diffère du modèle saga traditionnel au niveau du comportement des sagas composées. Tout comme les sagas primitives, celles-ci doivent définir un processus de compensation. Pour qu'une saga composée puisse être validée, ses sous-sagas doivent

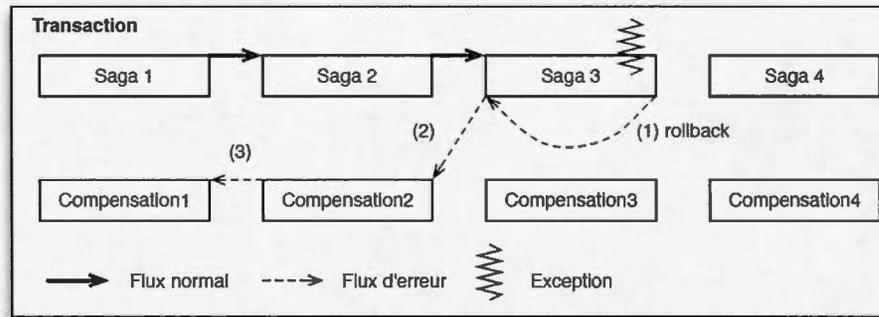


FIGURE 2.2 Le modèle transactionnel SAGA.

avoir été préalablement validées. En cas d'avortement du processus après la validation d'une saga composée, le processus de compensation de celle-ci est invoqué. Cependant, si l'avortement se produit durant l'exécution de la saga composée, les sous-sagas validées de celle-ci sont compensées selon le modèle saga traditionnel.

Une approche similaire a été présentée par Elmagarmid et al. (1990) : les *transactions flexibles*. Leur modèle se distingue de Saga en introduisant les transactions mixtes qui englobent à la fois des transactions compensables et non-compensables. Les transactions non-compensables ne peuvent être validées avant que la transaction englobante ne soit terminée. En cas d'avortement, la sous-transaction en cours et les sous-transactions non-compensables sont renversées (*rollback*) tandis que les transactions compensables sont compensées.

D'autres travaux portant sur la relaxation des modèles transactionnels ont été proposés. Détailler ces approches irait au-delà des objectifs de cette revue, donc nous référons le lecteur à la revue de Wang et al. (2008). Le traitement de la compensation dans les langages de modélisation et d'exécution des processus d'affaires ont été inspirés par le protocole transactionnel Saga. Nous présentons, dans la sous-section suivante, certains de ces langages et décrivons les constructions spécifiques à la compensation.

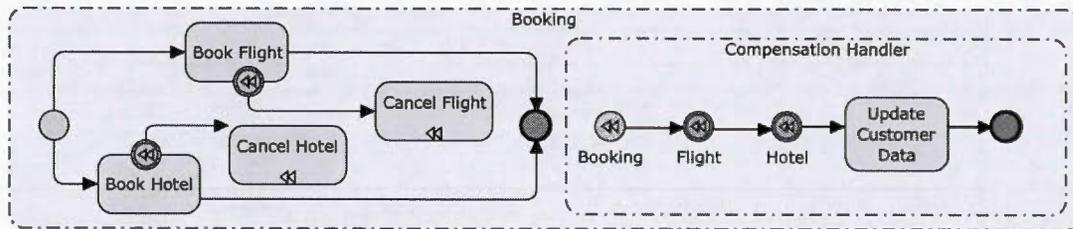


FIGURE 2.3 Exemple de modélisation de la compensation sous BPMN (source : OMG, 2011).

2.2.2 La compensation dans les langages de modélisation et d'exécution des processus d'affaires

Le domaine de la gestion des flux de travaux (*workflows*) s'est concentré, depuis les années 1990, sur la modélisation, l'automatisation et la ré-ingénierie de processus d'affaires. La notion de flux de travaux transactionnels a été initialement introduite par Wächter et Reuter (1992) et visait à appliquer les modèles transactionnels avancés à une composition d'activités. Plusieurs approches ont été proposées qui transposent ces modèles transactionnels, à quelques variations près, au flux de travaux (Grefen et al., 1997; Sheth et Rusinkiewicz, 1993). Nous présentons dans cette section les langages de modélisation et d'exécution de processus parmi les plus récents en nous concentrant sur les structures dédiées à la compensation. Pour une revue et une rétrospective des langages de modélisation de processus d'affaires, nous recommandons Mili et al. (2010).

2.2.2.1 Business Process Modeling and Notation (BPMN)

BPMN est un langage graphique semi-formel de modélisation des processus d'affaires normalisé par l'OMG (Object Management Group (OMG), 2011). En permettant une modélisation intuitive des processus, il se propose de rapprocher les analystes d'affaires des développeurs en facilitant la spécification des exigences et la mise en œuvre des processus.

La compensation se modélise en BPMN sous forme d'activités ou de sous-processus

en dehors du flux *normal* du processus modélisé. L'analyste définit un *événement intermédiaire*¹ de compensation aux activités et aux sous-processus qui requièrent une compensation. La Figure 2.3 illustre un exemple de processus de réservation de voyage. Une activité compensatoire est rattachée à chacun des événements *Book Flight* et *Book Hotel*. De plus, nous pouvons définir un processus de compensation qui s'applique à l'intégralité du (sous-)processus. Ce dernier définit la séquence d'actions nécessaire pour compenser le processus et peut faire appel aux activités de compensation des activités individuelles. Dans notre exemple, un sous-processus de compensation (*Compensation Handler*) est attribué à l'ensemble du processus *Booking*.

Un événement de compensation ne peut être déclenché que par le gestionnaire d'erreurs d'une activité ou d'un sous-processus ayant déclenché une exception. Pour intercepter cet événement, la priorité est donnée au gestionnaire de compensation du sous-processus auquel l'activité appartient. Dans l'exemple de la Figure 2.3, si l'activité *Book Hotel* déclençait une exception, le gestionnaire d'erreur invoquera le processus de compensation *Compensation Handler* car cette activité appartient au sous-processus *Booking*. Tel que défini par l'analyste, le processus de compensation invoque les activités compensation *Cancel Flight* et *Cancel Hotel* puis met à jour le compte du client.

Cependant, en l'absence d'un gestionnaire de compensation défini pour le (sous-)processus, l'événement de compensation sera intercepté par le *gestionnaire de compensation par défaut* qui déclenche le *processus de compensation par défaut*. Ce dernier se charge d'exécuter les activités de compensation des activités du (sous-)processus qui se sont terminées *avant* le déclenchement de la compensation dans l'ordre inverse de leur exécution (à la Saga). Ainsi, si l'on supposait que dans la figure 2.3 nous n'avions pas défini de processus de compensation, le processus de compensation par défaut consistera à invoquer les activités de compensation *Cancel Flight* et *Cancel Hotel* (la différence étant qu'on ne met pas à jour le compte client dans ce cas).

1. Dans un modèle BPMN nous trouvons trois types d'événements : les événements de début, de fin et intermédiaires. Un événement de compensation est une spécialisation des événements intermédiaires.

Bien que la norme BPMN, dans sa version 2.0 (Object Management Group (OMG), 2011), a défini la sémantique d'exécution des processus d'affaires exprimés dans ce langage, les moteurs d'exécution qui implémentent cette norme tardent à se démocratiser. Le langage d'exécution des processus d'affaires le plus répandu, de nos jours, reste le langage BPEL. Dans la section qui suit, nous présentons le fonctionnement de la compensation dans ce langage.

2.2.2.2 Business Process Execution Language (BPEL)

Le langage BPEL est un langage d'exécution de services web basé sur XML normalisé par Oasis (OASIS, 2007). Un processus d'affaires y est défini sous forme d'une orchestration d'activités pouvant être à la fois abstraites² ou exécutables.

La gestion d'exceptions de BPEL repose sur le modèle appelé Fault-Compensation-Termination (FCT). Lorsqu'une exception se produit, les activités sont interrompues par le gestionnaire de terminaison (*Termination Handler*). La gestion de l'exception est ensuite confiée au gestionnaire de faute (*Fault Handler*). Ces deux gestionnaires peuvent invoquer la compensation des activités déjà exécutées et validées en invoquant l'activité `<compensate>` (Khalaf, Roller et Leymann, 2009).

Pour la compensation, BPEL fournit la balise `<compensationHandler>` permettant de définir le service à invoquer pour la compensation. Le gestionnaire de compensation doit être englobé dans un `<scope>` (portée) le rattachant au flux normal du processus pour lequel le gestionnaire est défini. À titre d'exemple, nous présentons dans la Figure 2.4³ le *scope* relatif au service de réservation de siège (correspondant à la Figure 2.3). Ainsi, le service de réservation de voyage, qui se compose de deux activités (*getAvailableSeats* et *bookSeat*), a été englobé dans un *scope* au sein duquel nous avons spécifié le service

2. Les services orchestrés peuvent être spécifiés en termes d'opérations et *porttypes* tandis que l'implémentation concrète du service peut être choisie à l'exécution selon une stratégie de lien dynamique (*dynamic binding*) (Sonntag et Karastoyanova, 2011).

3. Pour simplifier, les détails relatifs aux messages d'invocation ont été volontairement omis du code présenté dans la Figure 2.4.

```

<scope name="BookFlight">
  <compensationHandler>
    <invoke name="Invoke_CancelFlight" partnerLink="Airline"
      portType="airline:airlineBooking" operation="cancelSeat"/>
  </compensationHandler>
  <sequence name="Sequence_1">
    <invoke name="Invoke_BookFlight" partnerLink="Airline"
      portType="airline:airlineBooking" operation="bookSeat"/>
  </sequence>
</scope>

```

FIGURE 2.4 Extrait de code BPEL avec compensation correspondant au modèle de la figure. 2.3

responsable de sa compensation (*cancelSeat*).

Lors de l'exécution du processus et en cas d'exception, les gestionnaires de compensation des *sous-scopes* contenus dans le *scope* erroné et déjà exécutés sont rendus disponibles. Les gestionnaires de compensation de ces sous-scopes sont invoqués l'un à la suite de l'autre selon l'ordre inverse de leur exécution. Tel que nous pouvons le remarquer, la méthode BPEL de gestion transactionnelle et de compensation s'inspire en grande partie du modèle Saga (Eisentraut et Spieler, 2009).

Des auteurs ont analysé le comportement de recouvrement d'erreurs basé sur FCT et, plus spécifiquement, le recouvrement d'une hiérarchie de scopes. Leurs études ont démontré les limites et la complexité de la compensation de BPEL la rendant difficilement exploitable par des analystes (Khalaf, Roller et Leymann, 2009; He et Watters, 2007). Plusieurs auteurs ont proposé des sémantiques formelles algébriques ou à base de graphes (réseaux de Petri) du langage BPEL dans le but de préciser les spécifications du langage et d'analyser son comportement en termes d'accessibilité (*reachability*) et d'absence d'interblocages (Eisentraut et Spieler, 2009; Kovács, Varró et Gönczy, 2008; Lohmann, 2007; Stahl, 2005). Par conséquent, de nouveaux standards, que nous présentons dans le paragraphe suivant, ont été proposés pour étendre le langage BPEL et améliorer sa gestion transactionnelle.

2.2.2.3 Les extensions transactionnelles WS-*

Le protocole transactionnel avancé Saga et ses implémentations dans des langages tels que BPEL se concentrent sur les aspects d'ordonnancement des activités compensatoires. Cependant, dans un contexte inter-organisationnel, la gestion de transactions doit être coordonnée entre les différents intervenants. Plusieurs normes ont été établies pour répondre à cette problématique et reposent sur la compensation pour assurer des propriétés transactionnelles relaxées. Ces standards sont des extensions du langage BPEL et du protocole de coordination WS-Coordination (Cabrera et al., 2004).

L'extension WS-AtomicTransaction permet de réaliser une orchestration d'activités inter-organisationnelles sous forme atomique (Cabrera et al., 2005a). Au sein d'une transaction atomique, les propriétés d'isolation sont préservées de sorte qu'aucune activité externe à la transaction ne puisse percevoir les effets intermédiaires. À la suite d'une transaction atomique, un consensus doit être établi entre les participants pour valider la transaction ou pour l'annuler. La négociation repose sur le protocole de validation à deux phases (*Two Phase Commit*). Les transactions atomiques garantissent les propriétés ACID pour un ensemble d'activités. Cependant, elles ne sont adaptées que pour des transactions de durées relativement courtes. L'extension WS-BusinessActivity se propose de gérer des transactions inter-organisationnelles de longue durée basées sur un ensemble de transactions atomiques (Cabrera et al., 2005b). Un coordinateur de transaction gère l'état d'une BusinessActivity et prescrit les actions devant être entreprises par chacun des participants pour assurer les propriétés transactionnelles. Selon le protocole de collaboration choisi, le coordinateur peut déclencher le processus de compensation d'une activité complétée tel que préalablement défini par le participant.

2.2.2.4 Yet Another Workflow Language

Nous terminons cette revue des langages contemporains qui permettent (un équivalent de) la compensation en considérant un langage qui a été adopté essentiellement dans le monde académique. YAWL est un langage de modélisation et d'exécution de processus

dérivé des réseaux de Pétri (van der Aalst et ter Hofstede, 2005). Sa spécification formelle permet de définir ses structures de façon non ambiguë (comparativement à BPEL, par exemple).

Le langage YAWL a été étendu par Adams et al. (2006) pour permettre la modularité et l'interchangeabilité dynamique des activités au sein d'un processus. Le principe repose sur le concept des *worklets*, qui sont différentes implémentations d'une même activité instantiables selon le contexte.

La gestion d'erreurs, selon le même principe, a été introduite en 2007 par les mêmes auteurs à travers le concept des *exlets* (Adams, Hofstede et van der Aalst, 2007). Tout comme les *worklets*, une *exlet* est sélectionnée selon le contexte. Une *exlet* peut déclencher l'annulation, la suspension ou la reprise d'une *worklet* avec ou sans compensation. Les activités compensatoires d'une *exlet* sont définies par une *worklet*. Par exemple, nous reprenons l'illustration des auteurs, dans la figure 2.5, qui représente le processus d'organisation d'un spectacle dans un stade. Comme nous pouvons le voir, en cas d'erreur dans l'activité *do show*, plusieurs *exlets* sont disponibles et sont choisies selon le contexte. Dans le cas de la première *exlet*, celle-ci invoque une compensation (qui est une *worklet*) se chargeant d'annuler la réservation du stade, de réserver une salle de spectacles et d'aviser les spectateurs.

2.2.3 D'autres approches de gestion d'erreurs et de compensation dans les processus d'affaires

2.2.3.1 Modularisation de la gestion d'erreurs

Les cas d'exception pouvant se produire dans un processus sont nombreux et compliquent à la fois les tâches de modélisation et d'implémentation détournant l'attention des analystes du processus « normal ». De ce fait, plusieurs auteurs proposent de séparer la gestion d'erreurs du processus normal et les implémentent sous forme d'aspects.

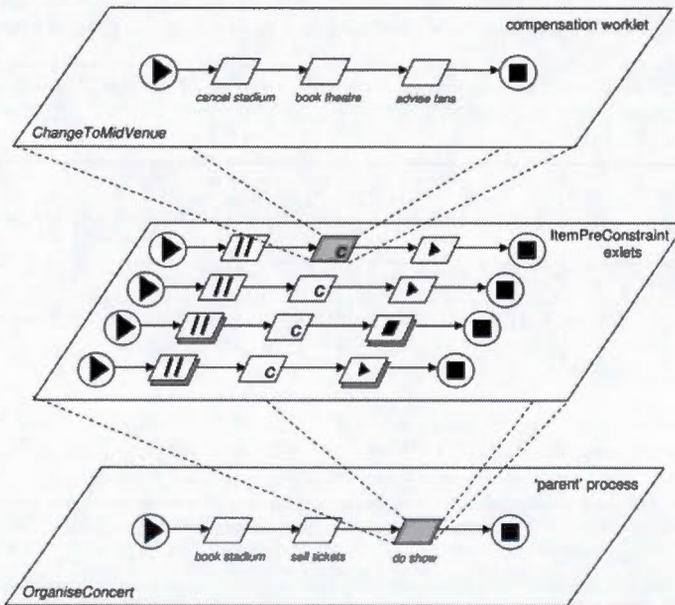


FIGURE 2.5 Exemple de fonctionnement de la compensation avec YAWL.
Source : Adams et al. (2007).

La programmation par aspects (Kiczales et al., 1997), bien connue dans le domaine de la programmation objet, a été proposée par plusieurs auteurs pour gérer des préoccupations transverses du processus comme l'application de politiques organisationnelles et l'adaptabilité du processus (Charfi et Mezini, 2005; Karastoyanova et Leymann, 2009; Ghidini et al., 2012). Parce qu'un processus d'affaires peut être défini de façon abstraite (i.e. des *types* d'opérations sont orchestrés) et que l'implémentation concrète peut être invoquée dynamiquement à l'exécution, Karastoyanova et Leymann (2009) ont proposé de lier les opérations abstraites aux implémentations concrètes sous forme d'aspects. En plus de faciliter la conception du processus d'affaires en faisant abstraction des aspects techniques de liaison de services (*binding*), cette approche permet de s'adapter facilement à des changements d'interfaces de services. Bien que leur proposition ne concerne pas spécifiquement la gestion d'erreurs ou la compensation, nous pouvons facilement envisager son application à cette problématique. En ce qui concerne la compensation, l'activité BPEL `<compensate>` peut être considérée comme une coupe transverse (*pointcut*) à

laquelle on associe la méthode d'aspect (*advice*) correspondant au processus compensatoire. Ghidini et al. (2012) ont proposé une approche similaire que nous présenterons plus en détail à la section 2.4.2.2.

2.2.3.2 Gestion manuelle et contextuelle des erreurs

Ces approches se proposent de déterminer, manuellement, ou d'inférer le comportement du système devant une exception selon le contexte de l'instance du processus. Biswas (2005) propose l'implication de l'utilisateur au moment d'une exception pour sélectionner les actions correctrices à base d'une analyse de coûts. Conforti et al. (2011) adoptent une approche proactive qui repose sur l'identification et la détection des risques. Ils ont également recours à la collaboration de l'utilisateur pour décider des actions correctives à entreprendre. D'autres auteurs proposent des approches à base de règles de haut niveau permettant d'identifier les risques d'exceptions et d'injecter automatiquement les activités de gestion d'erreurs dans le processus en exécution (Boukhebouze et al., 2009; Ye et al., 2011; Liu et al., 2010). Luo et al. (2003) ont adopté une approche par apprentissage où l'historique des actions correctives (qui ont été décidées par un opérateur) survenues dans des contextes semblables constitue une base de connaissances servant à inférer le comportement du système en cas d'exception.

2.2.4 Récapitulatif

Au travers de cette section, nous avons présenté les différentes approches employées pour assurer à un processus de longue durée, impliquant plusieurs agents, des propriétés transactionnelles. À ce titre, les modèles transactionnels avancés ont grandement influencé les langages de composition de services actuels. Notamment, nous avons montré que la gestion d'erreurs dans ce contexte repose grandement sur la compensation des activités qui ne peuvent être traitées par un simple recouvrement arrière ou avant traditionnel.

Cette étude nous démontre qu'un processus d'affaires robuste se doit de prévoir des activités compensatoires pour la multitude de cas d'exceptions pouvant se produire. Bien

que les approches émergentes que nous avons présentées à la sous-section 2.2.3 proposent d'automatiser la gestion des exceptions d'un processus grâce à des inférences sémantiques ou des techniques d'apprentissage, elles se concentrent sur des aspects techniques et opérationnels. Or, nous soutenons que la compensation doit d'abord être traitée en amont, lors des phases d'analyses plutôt qu'à l'implémentation, car le choix d'une méthode de compensation est une décision d'affaires. Il en ressort la nécessité d'aider le concepteur d'un processus à modéliser les cas alternatifs et les processus de compensation nécessaires. Or, ceci repose sur notre capacité d'exprimer le processus, pour ensuite l'analyser, en termes purement métier. Pour ce faire, différentes approches existent et nous les passons en revue dans la prochaine section.

2.3 La modélisation métier

Le modélisation métier (*Business Modeling*) se définit comme étant « l'utilisation de modèles et méthodes pour comprendre et opérer des changements sur les opérations d'affaires supportés par les systèmes d'information » (Nilsson, Nellborn et Tolis, 1999). Un modèle métier se propose d'exprimer et de formaliser les objectifs d'affaires de l'organisation dans le but d'établir des processus d'affaires opérationnels et automatisés qui répondent à ces objectifs. Plusieurs auteurs soutiennent qu'un processus d'affaires se doit d'être justifié et soutenu par des préoccupations d'affaires (Neiger, Churilov et Flitman, 2009; Andersson, Johannesson et Zdravkovic, 2008; Vom Brocke, Mendling et Recker, 2008; Derks et Weston, 2005). Ils distinguent ainsi le modèle métier (*business model*) du modèle de processus d'affaires (*business process model*) (Gordijn, Akkermans et van Vliet, 2000). Selon Veit et ses collègues (2014), le modèle métier est le chaînon manquant entre les stratégies d'affaires et les processus d'affaires. Nous partageons ces avis et l'approche que nous proposons, dans cette thèse, est basée sur l'analyse des préoccupations métier à l'aide de modèles métier. Par conséquent, nous consacrons cette section à la revue des langages et ontologies permettant de modéliser ces préoccupations.

Nous pouvons classer la littérature portant sur la modélisation métier en deux catégories : la modélisation orientée par les objectifs d'affaires et la modélisation orientée par la

valeur. Nous présentons, dans ce qui suit, chacune de ces approches.

2.3.1 Modélisation orientée par les objectifs

Les modèles orientés par les objectifs se proposent de capturer et d'explicitier les objectifs métiers de haut niveau d'une organisation dans le but d'en diriger les actions (processus) selon un raisonnement d'affaires (Andersson, Johannesson et Zdravkovic, 2008). Les modèles de processus traditionnellement exploités dans le développement logiciel se concentrent essentiellement sur des aspects opérationnels et structurels. Cependant, ces considérations n'offrent que peu d'informations utiles à l'élaboration de solutions innovantes répondant à des problématiques d'affaires.

En plus du concept d'objectif, plusieurs autres concepts interviennent dans un modèle d'objectifs. À titre d'exemple, nous présentons les principaux concepts du langage GRL (*Goal-oriented Requirement Language*) (Amyot et al., 2010). Les *soft goals* sont un type d'objectifs qui, contrairement aux objectifs traditionnels, ne sont pas directement quantifiables (ex. : améliorer la loyauté du client). Les *tâches* sont les solutions permettant la mise en œuvre de solutions pour atteindre les objectifs ou les *soft goals* (ex. : envoyer une carte à son anniversaire). Les *acteurs* sont des entités ayant un intérêt dans la réalisation des objectifs modélisés. Finalement les *ressources* permettent la mise en œuvre de *tâches*, des *objectifs* ou des *soft goals*. Un modèle d'objectifs comprend donc des instances de ces concepts ainsi que leurs relations. Nous avons également plusieurs types de relations. Par exemple, les relations de décomposition permettent de décomposer un objectif, tâche ou *soft goal* en un ensemble de sous-objectifs nécessaires à sa réalisation (ET) ou des alternatives (OU, OU exclusif). Les liens de contribution permettent de spécifier des relations de réalisation (A réalise B), d'aide (A aide à la réalisation de B). Réciproquement, les liens d'entrave permettent d'exprimer les conflits ou les impacts négatifs entre objectifs.

Dans la figure 2.6, nous présentons un exemple simple, emprunté à Pourshahid *et al.* (2014), d'un modèle d'objectifs illustrant le cas d'une boutique. Le modèle fait intervenir

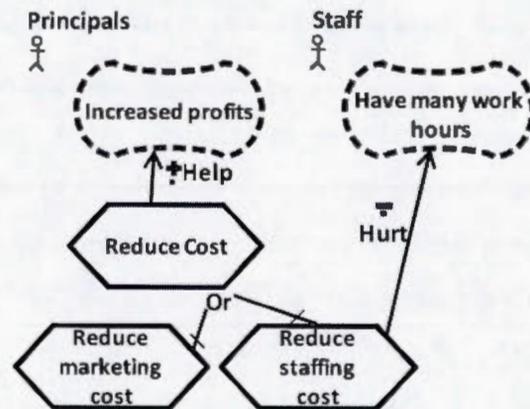


FIGURE 2.6 Exemple de modèle d'objectifs en GRL. Source : Pourshahid *et al.* (2014).

deux acteurs : le propriétaire (*Principals*) et l'employé (*Staff*). Le propriétaire a pour *soft goal* d'augmenter ses profits, tandis que l'employé souhaite voir son nombre d'heures de travail augmenter. La *tâche* consiste à réduire les coûts d'exploitation (*Reduce Cost*) aide à l'atteinte de l'objectif principal (c.-à-d. augmenter les profits). Pour réduire les coûts, nous disposons de deux *tâches* alternatives non-exclusives : réduire les budgets marketing ou limiter les coûts salariaux. Cependant, cette dernière tâche affecte négativement l'objectif de l'employé car elle l'empêcherait d'obtenir davantage d'heures de travail.

Il existe plusieurs langages de modélisation des objectifs adoptant des perspectives ou des intentions différentes. Nous trouvons notamment les langages issus du domaine des exigences logicielles et, plus spécifiquement, la communauté des exigences logicielles (ITU-T, 2012; Van Lamsweerde, 2001; Antón, 1996; Yu et Mylopoulos, 1996), tandis que d'autres ont été introduits pour des problématiques de gestion de processus d'affaires (Brabänder et Davis, 2007, p.59) ou encore d'analyse de la décision (*Decision Analysis*) (Neiger et Churilov, 2004). Du point de vue des intentions, au-delà de l'élicitation des objectifs, Horkoff et Yu (2011) recensent cinq intentions complémentaires et proposent une charte pour choisir le langage selon les usages supportés. Nous présentons chacune de ces intentions dans le tableau 2.1 où nous citons, dans la colonne de gauche, les intentions,

Intentions	Questions
Analyse de la satisfaction	Est-ce qu'un objectif est atteignable ?
Planification	Quelle est la meilleure séquence d'actions pour satisfaire les objectifs ?
Simulation	Est-ce que les objectifs seront atteints dans dans un scénario particulier ?
Mesure	Jusqu'à quel degré une qualité donnée a été atteinte ?
Vérification de modèles	Est-ce que le modèle est cohérent ?

Tableau 2.1 Cinq intentions des modèles d'objectifs selon Horkoff et Yu (2011).

et dans celle de droite, un exemple de questions visées par l'intention correspondante.

2.3.2 Modélisation orientée par la valeur

La modélisation métier dictée par les objectifs, telle que décrite à la section précédente, permet d'établir une logique de haut niveau des intentions, des intérêts, et des stratégies des parties prenantes à un processus. La modélisation orientée par la valeur, quant à elle, montre le processus de création de la valeur au sein d'un processus d'affaires via une réflexion centrée sur les ressources économiques et les acteurs qui les détiennent.

Dans une modélisation par la valeur, le processus d'affaires est perçu comme une succession de phénomènes économiques. Chaque phénomène vise à échanger des ressources entre les parties prenantes. En d'autres termes, les parties prenantes cèdent des ressources pour en acquérir d'autres perçues comme étant de plus grande valeur. La succession de ces phénomènes économiques permet de construire la chaîne de valeurs, telle que proposée par Porter (Porter, 1985). La modélisation orientée par la valeur a inspiré plusieurs auteurs qui ont proposé des approches de modélisation de processus d'affaires basées sur une analyse préalable de la chaîne de valeurs (Henkel et al., 2007; Weigand et al., 2009; Zdravkovic et Ilayperuma, 2010).

Plusieurs cadres ou ontologies existent dans le but d'exprimer un modèle métier (Weill et Vitale, 2001). Trois d'entre elles se sont imposées autant dans l'industrie que dans le

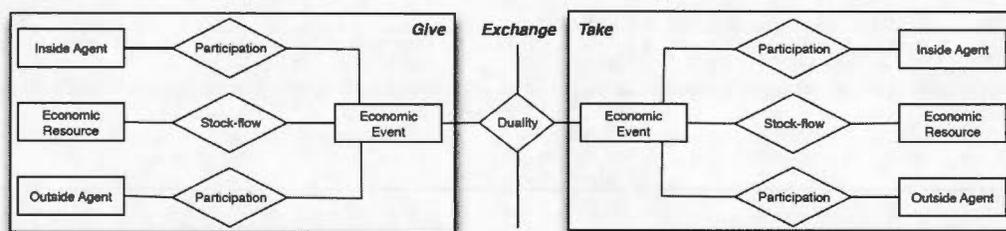


FIGURE 2.7 Les concepts de l'ontologie REA et leurs relations.
Source : Geerts et McCarthy (2001).

monde académique : *REA* (McCarthy, 1982), *e³-value* (Gordijn et Wieringa, 2003) et *BMO* (Osterwalder, 2004). Nous présentons brièvement chacune dans les paragraphes qui suivent. Ces ontologies ont plusieurs similarités qui ont été identifiées, notamment, par Andersson et al. (2006) dans le cadre d'une ontologie commune de référence. Toutefois, elles ont plusieurs points distinctifs dont nous discuterons dans le dernier paragraphe.

2.3.2.1 L'ontologie Resource-Event-Agent (REA)

Le cadre conceptuel REA a été initialement introduit par McCarthy (1982) comme un cadre comptable dans le but de comptabiliser les phénomènes économiques dans un environnement inter-organisationnel. Depuis, il a évolué en une approche pour modéliser et enregistrer les activités économiques au sein d'un système d'information (Geerts et McCarthy, 2000; Geerts et McCarthy, 2002).

Le cadre REA propose de modéliser les phénomènes économiques sous forme d'échanges reliant trois concepts principaux : les (1) *ressources économiques* contrôlées ou convoitées, (2) les *agents économiques* intervenant dans les échanges et (3) les *événements économiques* qui composent les échanges, liés par une relation de dualité. Nous illustrons, dans la Figure 2.7, ces trois concepts et leurs relations. Nous avons choisi l'ontologie REA comme cadre conceptuel pour notre approche et nous la décrivons avec de plus amples détails à la section 4.1. Cette ontologie a de nombreuses similarités avec l'ontologie *e³-value* que nous présentons dans le prochain paragraphe.

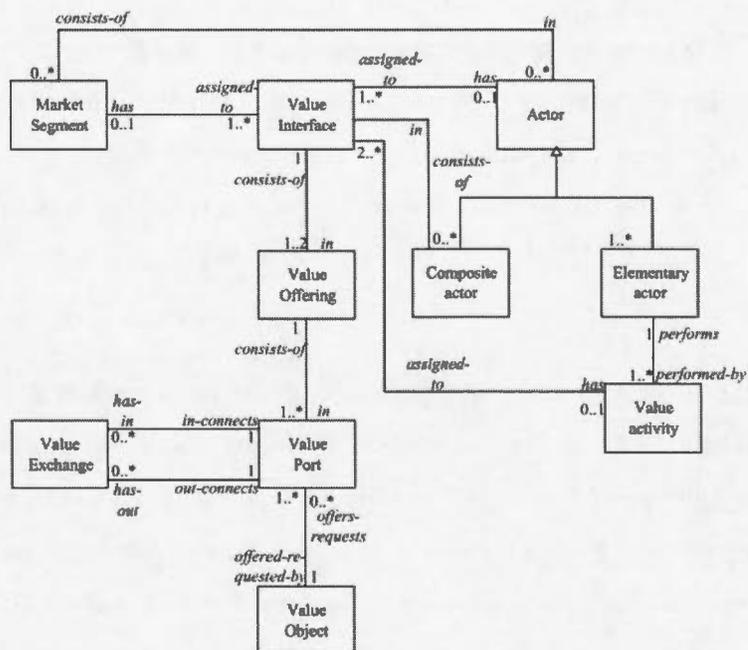


FIGURE 2.8 Le méta-modèle e³value. Source : Akkermans et Gordijn (2003).

2.3.2.2 L'ontologie e³value

L'ontologie e³value a été proposée par Gordijn (2002) dans le cadre de sa thèse de doctorat comme une approche supportant l'élicitation des exigences. Tout comme REA, l'ontologie se propose d'identifier les échanges d'*objets de valeur* entre des *acteurs*. Elle repose sur six concepts de base : les *acteurs*, les *objets de valeur*, les *ports de valeur*, les *interfaces de valeur*, les *activités de valeur* et les *échanges de valeur*. Elle s'articule autour de trois perspectives selon le niveau de détails requis :

- La perspective *de base* des acteurs : montre les acteurs impliqués, les objets économiques qui sont créés, échangés et consommés par ces derniers ;
- La perspective *détaillée* des acteurs : augmente la perspective précédente en y ajoutant des informations sur les relations entre acteurs (partenariats, constellations) ; et
- La perspective des activités de valeur : ajoute les activités créatrices ou qui

ajoutent de la valeur ainsi que leurs assignations à des acteurs.

Nous présentons, dans la figure 2.8 le méta-modèle qui illustre les différents concepts de l'ontologie, leurs relations et leurs cardinalités. L'ontologie est toutefois en constante évolution et a été étendue afin de modéliser d'autres préoccupations liées à la valeur comme les services web ou les compétences (Pijpers, Gordijn et Akkermans, 2009; de Kinderen et Gordijn, 2008; Pijpers et Gordijn, 2007b; Pijpers et Gordijn, 2007a).

À titre d'exemple, nous reprenons, dans la figure 2.9, le cas d'un fournisseur Internet présenté par Gordijn (2002, p.49). Ce modèle de valeur décrit les interactions entre trois *acteurs* : le fournisseur Internet, l'opérateur téléphonique local, et les clients que se connectent à Internet (*Surfers*). Dans le cas des clients, l'ontologie les nomme un *segment de marché* (*market segment*) étant donné qu'ils sont plusieurs et non identifiables. Chaque acteur offre ou requiert des *objets de valeur* (*value object*), pouvant être toute entité ayant de la valeur pour les acteurs impliqués, comme par exemple des services, des biens, de l'argent ou une expérience clientèle (Akkermans et Gordijn, 2003). Dans l'exemple, nous retrouvons des objets de valeur échangés dont l'*accès Internet*, la connexion téléphonique, les frais téléphoniques, etc. Les objets de valeurs sont offerts/requis à travers ses ports de valeur (*value ports*). Ces derniers sont les points d'interaction entre acteurs et permettent aux acteurs d'annoncer à leur environnement ce qu'ils fournissent ou ce dont ils nécessitent pour réaliser leurs objectifs. Les ports de valeurs se regroupent dans des interfaces de valeur (*value interfaces*). Un acteur peut disposer de plusieurs interfaces de valeur, chacune mettant en évidence le principe de réciprocité économique en regroupant des ports de valeur d'offre et de demande. Ceci permet de justifier pourquoi un acteur offre des objets de valeur en exhibant les objets de valeur qu'il acquiert en retour.

2.3.2.3 Business Modeling Ontology (BMO)

Les deux ontologies REA et e³value, présentées ci-dessus, sont des conceptualisations ancrées autour de la notion de la valeur. Nous nous intéressons à présent à l'ontologie

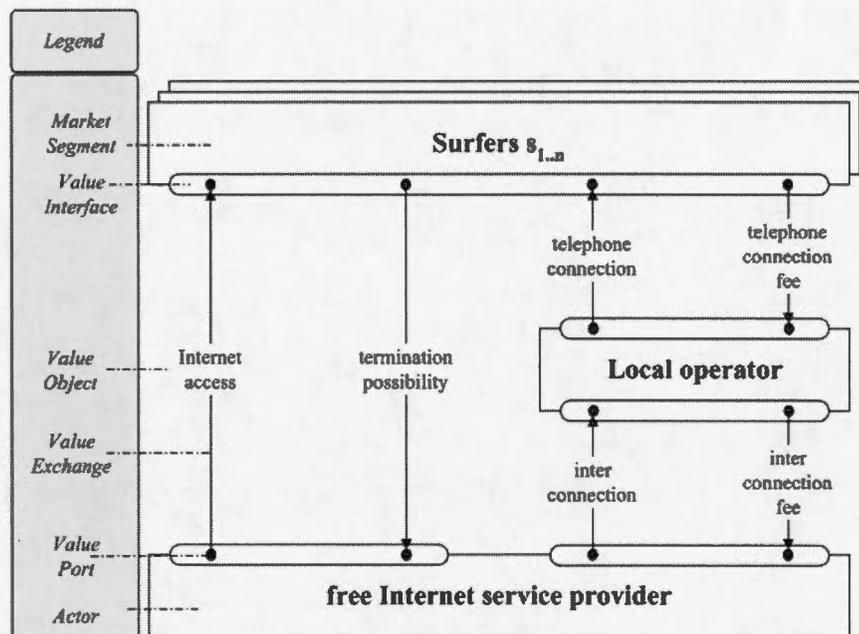


FIGURE 2.9 Modèle de valeurs e³-value. Source : Gordijn et Wieringa (2003).

BMO, introduite par Osterwalder (2004), plus généraliste et moins centrée sur la création de valeur. Elle se propose de modéliser en détail les activités, les préoccupations d'affaires et l'environnement d'une entreprise dans le but de déterminer sa capacité à répondre à la demande de sa clientèle. Après une revue systématique de la littérature (dont celle portant sur e3-value), l'auteur a identifié les principaux concepts devant faire partie d'un modèle métier, qu'il a regroupés puis étendus pour en faire une ontologie de référence.

Elle regroupe neuf concepts principaux (*building blocks*) répartis sur quatre « piliers » : le *produit*, l'*interface client*, la *gestion d'infrastructure* et les *aspects financiers*. Chaque concept principal est associé à d'autres sous-concepts (voir figure 2.10). Par exemple, au sein du pilier *Produit*, le concept de *Proposition de Valeur (Value Proposition)* « représente la valeur pour un ou plusieurs *Clients (Customer)* et se base sur une ou plusieurs *Capacités (Capability)*. Elle peut se décomposer en un ensemble de *Propositions (Offering)*... ». Pour une description détaillée des différents piliers et concepts, nous renvoyons

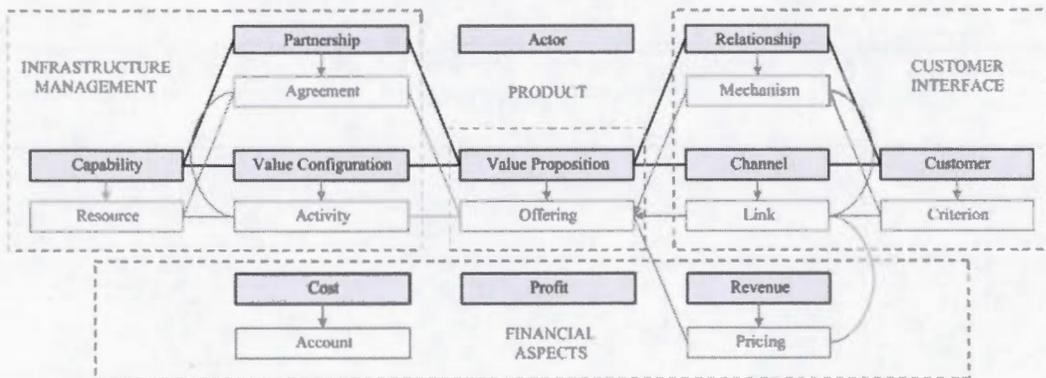


FIGURE 2.10 L'ontologie BMO. Source : Osterwalder (2004).

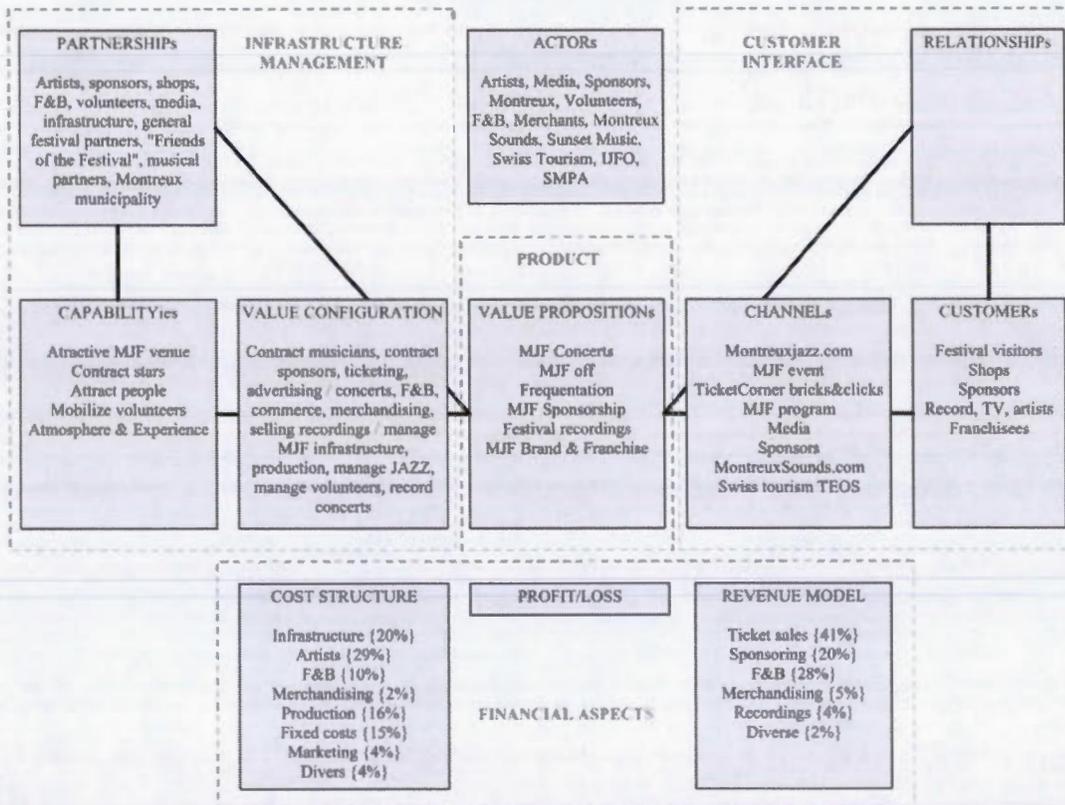


FIGURE 2.11 Exemple de modèle métier de haut niveau en BMO. Source : Osterwalder (2004).

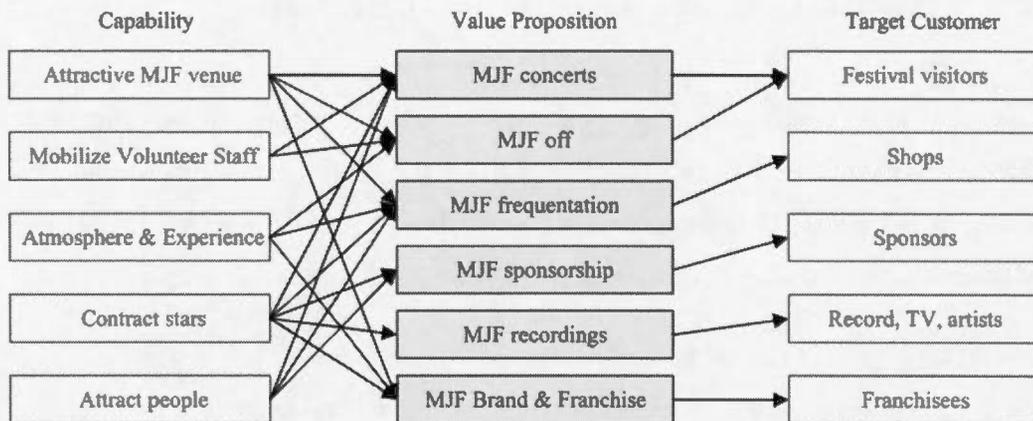


FIGURE 2.12 Exemple : Les propositions de valeurs du MJF.
Source : Osterwalder (2004).

le lecteur à la présentation de Osterwalder (2004, pp 42-95).

L'approche BMO pour la définition du modèle métier adopte une stratégie de haut en bas. D'abord, les instances des concepts principaux sont identifiés. Par exemple, nous reprenons, dans la figure 2.11, l'exemple du cas d'étude du festival de Jazz de Montreux (MJF) présenté par Osterwalder (2014). Selon le modèle, qui présente la vue de haut niveau du modèle métier, le MJF offre plusieurs centres de valeurs (produits) dont les concerts, la publicité, la marque de commerce, etc. Ces produits sont offerts à différents clients dont les visiteurs du festival, les artistes, les boutiques du festival, etc. Les clients accèdent aux produits à travers différents canaux, dont le site Web du festival ou la billetterie.

Une fois les instances des concepts identifiés, il s'agit de raffiner, de façon itérative, le modèle en identifiant les liens et les sous concepts. Nous présentons la première itération concernant les propositions de valeurs dans la figure 2.12. Ainsi, les concerts du MJF sont offerts grâce aux capacités du MJF de réserver un site attirant, de mobiliser des volontaires, de contacter des artistes et d'attirer les visiteurs. Ces mêmes concerts du MJF offrent de la valeur et se destinent aux visiteurs du festival.

2.3.2.4 Comparaison entre les ontologies orientées par la valeur

Les trois ontologies orientées par la valeur que nous avons présentées ci-dessus partagent un grand nombre de concepts, mais adoptent souvent des terminologies différentes. Plusieurs auteurs se sont d'ailleurs intéressés à l'unification de ces ontologies sous une ontologie commune de référence (Andersson et al., 2006a; Ilayperuma, 2007).

Cependant, nous pouvons aussi distinguer plusieurs divergences entre ces trois représentations. Ce que nous considérons être la principale différence est le point de vue adopté par chacune des ontologies. Bien qu'elles se concentrent, à différents niveaux, sur la valeur et les échanges de valeurs, chacune considère la valeur selon un angle spécifique. Dans le cas d'un modèle e^3 value, l'accent est mis sur les interactions entre acteurs qui échangent des objets de valeur. Ainsi, le concept d'acteur se retrouve au centre de l'ontologie. Par contre, dans le cas de REA, bien que la notion d'interactions entre acteurs soit omniprésente, l'accent est mis sur les ressources économiques (objet de valeur pour e^3 value). Ainsi, nous sommes en mesure de percevoir la création de la valeur à travers des transformations successives des ressources économiques. Par conséquent, et contrairement à e^3 value, un modèle REA doit être construit en adoptant le point de vue de l'un des acteurs. Une façon alternative d'exprimer ces différences de perspective serait en considérant la notion de réciprocité/dualité. En effet, e^3 value s'intéresse, en premier lieu, aux réciprocités entre acteurs, tandis que REA cherche à mettre en évidence les dualités entre ressources économiques. Quant à BMO, tel que nous le mentionnions plus haut, l'ontologie n'est pas centrée sur la valeur. Elle vise plutôt à modéliser l'ensemble des facteurs permettant de définir la réalité économique d'une entreprise et à mettre en lumière d'autres aspects, dont les capacités de l'organisation et la planification des ressources. Le point central adopté par BMO est donc l'entreprise modélisée, les autres acteurs faisant partie de son environnement. Il en résulte que la notion de réciprocité (ou de dualité pour REA) ne fait pas partie des préoccupations de BMO, contrairement au deux autres ontologies.

Un autre aspect distinctif entre les trois ontologies concerne le niveau de détails de

chacune des ontologies. Spécifiquement, nous remarquons que REA est bâtie autour de trois principaux concepts qui permettent de représenter l'essentiel des phénomènes économiques (selon sa perspective). E³value et BMO offrent quant à elles des vues plus détaillées, les rendant à la fois plus expressives mais plus complexes.

Finalement, nous notons que seule l'ontologie e³value offre une notation graphique spécifique pour représenter les modèles. Dans le cas de REA, ses auteurs n'ont proposé aucune notation et ont utilisé, dans leurs écrits, la notation très verbeuse d'Entités-Associations. Quant à BMO, aucune notation graphique n'a été mise de l'avant. Bien que cet aspect soit secondaire à la conceptualisation, nous estimons qu'elle a de fortes répercussions sur l'utilisabilité et l'adoption d'une ontologie.

2.3.3 Récapitulatif

Dans cette section, nous avons passé en revue différentes approches permettant d'exprimer des préoccupations métier à travers la modélisation métier. Nous avons décomposé ces approches en deux catégories : la modélisation orientée par les objectifs et la modélisation orientée par la valeur. Dans le premier cas, nous cherchons à identifier les objectifs à atteindre et à déterminer les différentes approches pour y parvenir à travers des décompositions. Dans le second cas, nous cherchons à comprendre comment l'organisation produit de la valeur en mettant en évidence les différentes ressources engagées et les interactions avec les multiples acteurs.

Tel que nous l'avons mentionné en introduction de cette section, notre approche se base sur l'analyse de la vue métier d'un processus d'affaires pour nous aider à construire les processus de compensation. Notre objectif consiste à offrir un support aux analystes d'affaires dans la modélisation des processus de compensation. Nous nous intéressons particulièrement aux approches connexes à celle que nous proposons, à savoir, le support à la modélisation basé sur des analyses métier. Nous passons en revue ces travaux dans la prochaine section.

2.4 Support à la modélisation des processus

Au meilleur de notre connaissance, aucune approche n'a été proposée pour traiter spécifiquement du problème de la modélisation des processus de compensation. Par conséquent, pour trouver des approches connexes, nous nous sommes intéressés aux deux volets de notre travail : (1) la modélisation orientée par des critères métier et (2) l'élicitation des activités de compensation. Ainsi, dans cette revue, nous nous intéressons, dans la sous-section 2.4.1, aux approches de support à la modélisation des processus, en nous restreignant aux travaux qui reposent sur une analyse métier (objectifs et/ou valeur). Dans un deuxième temps (2.4.2), nous avons regardé les travaux qui ont traité du deuxième volet, à savoir la modélisation des chemins d'erreurs dans les processus d'affaires. Nous présentons ces deux approches tour à tour, puis terminons par une discussion.

2.4.1 Modélisation des processus d'affaires basée sur une analyse métier

Construire un processus d'affaires à partir d'un modèle métier permet de garantir l'alignement entre des objectifs et des stratégies de haut niveau et leur implémentation au niveau opérationnel. Cette garantie d'alignement est une propriété importante et fortement désirée d'un processus d'affaires (Pitschke, 2011). Par ailleurs, le maintien de cet alignement est particulièrement souhaitable, d'autant plus qu'il procure une agilité à l'organisation lui permettant de réagir rapidement aux changements stratégiques et d'en détecter les écarts. C'est également ce que permet une approche de modélisation de processus basée sur les modèles métier. Par conséquent, cet axe a intéressé plusieurs auteurs qui ont tenté de tirer profit de ces informations de haut niveau. Ci-dessous, nous présentons quelques approches selon les types de méthodologies que nous avons rencontrées dans notre recension des écrits : les travaux basés sur des patrons, les approches transformationnelles, et celles qui considèrent le problème comme un problème de satisfaction de contraintes (CSP).

Parmi les approches basées sur des patrons, nous citons Behnam, Amyot et Mussbacher (2010) qui ont proposé un cadre de modélisation basé sur les patrons d'objectifs

d'affaires. Ils partent du constat que, bien que les objectifs d'affaires varient, ils sont quasiment stables au sein d'un domaine d'affaires. Ils proposent ainsi un ensemble de patrons de haut niveau qui doivent être spécialisés/instantiés pour le domaine d'affaires visé. Leur approche utilise le standard de modélisation URN (ITU-T, 2012) qui offre deux langages de modélisation graphique inter-reliés : GRL (*Goal Requirements Language*) pour la modélisation des graphes d'objectifs et UCM (*Use Case Map*) pour la modélisation des processus d'affaires. Ainsi, ils proposent la construction de processus d'affaires à partir d'une vue de haut niveau de l'organisation (exprimée par ses objectifs en GRL) et une stratégie d'évaluation qui définit les valeurs de satisfaction des différents objectifs/alternatives de bas niveau. À partir de ces données, leur approche permet de construire les processus d'affaires en explorant les objectifs et les liens de traçabilité entre les objectifs et les processus à instantier. Le résultat comprend non seulement les processus d'affaires qui supportent les objectifs de haut niveau, mais également le modèle d'objectifs qui a été affiné en ajoutant des objectifs de plus bas niveau depuis les patrons, ainsi que les liens de traçabilités entre les processus d'affaires et les objectifs qu'ils supportent.

D'autres chercheurs ont utilisé des approches transformationnelles pour produire les processus d'affaires. Notamment Zdravkovic et ses collègues (2010a) ont proposé une approche de haut en bas selon les trois niveaux d'abstraction de la méthodologie de développement orientée par les modèles (MDA) : CIM, PIM et PSM. Le modèle de valeurs, exprimé dans l'ontologie OeBTO (extension de REA), est utilisé comme premier niveau d'abstraction (CIM, *Computational Independent Model*). Ensuite, à partir de ce modèle, le PIM (*Platform Independent Model*) est construit en se basant sur des règles de transformation de haut niveau. Il résulte de ces transformations un modèle de définition de services abstraits pouvant ensuite être transformés, à leur tour, dans la technologie visée (PSM, *Platform Specific Model*). Dans un travail antérieur (Leshob, Mili et Boubaker, 2014), nous avons également utilisé une approche transformationnelle pour la spécialisation de processus d'affaires afin de produire des processus d'affaires adaptés à une organisation à partir d'un processus générique. Le processus générique

est défini selon quatre vues : la vue *dynamique* (processus), la vue *organisationnelle*, la vue *REA*, et la vue *informationnelle*. L'approche se base sur des questions de spécialisation, elles-mêmes issues de paramètres métier tirés du cadre REA (par exemple : y a-t-il une relation contractuelle entre deux agents économiques?). Ces paramètres permettent d'instancier les transformations qui adaptent le processus initial aux besoins organisationnels en modifiant ses différentes vues.

Finalement, le dernier type de méthodologies que nous avons rencontré concerne les travaux qui ont considéré le problème comme un problème de satisfiabilité de contraintes. Notamment, Ghose et ses collègues (2011) ont proposé une approche semi-automatisée pour construire un processus d'affaires à partir d'un modèle d'objectifs. Ils requièrent, comme entrée, le modèle d'objectifs exprimé dans le formalisme de KAOS (Van Lamswerde, 2001), une librairie de capacités contenant la liste des tâches pouvant être associées à des objectifs de bas niveau et un ensemble de contraintes de domaine (des règles de précédence). Dans leur première étape, ils proposent de raffiner le modèle d'objectifs jusqu'à atteindre le niveau où tous les objectifs de bas niveau peuvent être associés à des tâches. Ensuite ils construisent le processus d'affaires en trouvant une orchestration qui puisse satisfaire les contraintes du domaine.

L'approche que nous proposons pour construire les processus de compensation est également basée sur une analyse métier du processus. En reprenant la classification que nous décrivons dans cette sous-section, nous classons notre approche parmi les approches à base de patrons – que nous appellerons facteurs de compensation. Tel que cela a été évoqué, bien que nous n'ayons rencontré aucune approche similaire dans la littérature, certains ont traité de la problématique connexe de la modélisation des chemins d'exception. Nous décrivons ces travaux dans la sous-section suivante.

2.4.2 Modélisation de la gestion d'exceptions

Nous avons présenté dans la section précédente les travaux et normes qui se préoccupent de l'implémentation de la compensation dans le cadre de processus de longue durée.

Bien que les aspects techniques de la mise en œuvre des processus de compensation soient importants, nous sommes d'avis que les problématiques de la gestion d'erreurs et de la compensation doivent être prises en compte, en amont, selon des considérations d'affaires (Mili et al., 2006).

Rares sont les auteurs qui se sont intéressés à la modélisation de la gestion des erreurs au sein de processus d'affaires. Toutes les approches rencontrées proposent d'identifier et de classifier, a priori, les différents cas d'exception pouvant se produire. Nous présentons ces travaux selon l'approche de classification retenue par les auteurs : taxinomique, ontologique et à base de patrons. Ces travaux s'intéressent à la modélisation de la gestion d'erreurs et d'exceptions de processus au sens large et, au meilleur de notre connaissance, aucun auteur ne s'est penché spécifiquement sur la problématique de la modélisation des processus de compensation à ce jour.

2.4.2.1 L'approche taxinomique

Dans le cadre du projet MIT Business Process Handbook (Malone et al., 1993), visant à construire une base de connaissances sur les processus d'affaires et un catalogue hiérarchique de processus, Klein et Dellarocas (2000) ont proposé une méthodologie pour assister les analystes d'affaires à identifier et traiter les cas d'erreurs dans un processus. Leur objectif était de développer une base de connaissances qui énumère les types d'exceptions en les associant aux processus dans lesquels ils peuvent survenir et les processus permettant de les gérer.

Leur approche s'inscrit dans la même lignée que celle du MIT Business Process Handbook et se propose de classer, sous forme de taxinomie, les différents cas d'erreurs pouvant survenir dans un processus d'affaires. La taxinomie se présente sous la forme d'une spécialisation de processus partant de processus généraux à des processus plus spécifiques au fur et à mesure que nous descendons l'arbre taxinomique. Un extrait de la taxinomie est présenté à la figure 2.13.

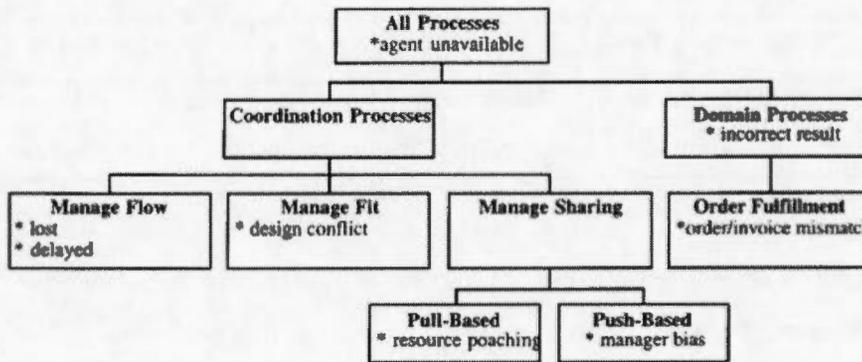


FIGURE 2.13 Extrait de la taxinomie de processus de Klein et al. (2000).

La taxinomie proposée est divisée en deux branches : les *processus de coordination* et les *processus de domaine*. Les processus de coordination classent les processus selon des aspects comportementaux (comme les flux de messages et le partage de ressources) tandis que le processus de domaine se concentrent sur les aspects métier. Dans la taxinomie, chaque type de processus est annoté des types d'exceptions pouvant survenir (ex. : non-correspondance entre la commande et la facture dans un processus d'achat). Les processus spécialisés héritent des exceptions des processus plus généraux dont ils découlent. Chaque type d'exception de la taxinomie est lié à une entrée dans la base de connaissances. Les entrées définissent l'exception et sa criticité, et proposent des processus permettant d'anticiper, de détecter, d'éviter et de résoudre l'exception.

Klein et Dellarocas (2000) proposent une méthodologie d'aide à la modélisation de la gestion d'exceptions en trois étapes réalisées par l'analyste. Celui-ci :

1. Décompose son processus en un ensemble de sous-processus en s'inspirant de la taxinomie ;
2. Rattache chacun des sous-processus à un type de processus de la taxinomie ; et
3. Sélectionne les processus d'anticipation, de détection, d'évitement et de résolution pertinents à son processus.

Ben-Eliahu et Elhadad (2009) ont adopté une approche similaire à un niveau de granularité plus fin (niveau de l'activité) en ne s'intéressent qu'aux exceptions compor-

tementales. Chaque activité du processus est classée selon sa classe de fonctionnalité (ex. : entrée/interrogation de données, envoi de notification, etc.) et d'exigences non-fonctionnelles (ex. : non-répudiation, authentification, etc.). À chaque classe est associée une liste d'exceptions potentielles (ex. : donnée introuvable, erreur d'envoi de message, etc.). La taxinomie de classes de fonctionnalités proposée les auteurs peut être consultée dans (Ben-Eliahu, 2008, annexe C).

La méthodologie de Ben-Eliahu et al. repose sur l'extension de la structure *Activity* de BPMN en y ajoutant trois attributs : les *paramètres*, les *erreurs* et les *gestionnaires* (*handlers*). L'attribut *paramètres* spécifie la classification de l'activité tandis que l'attribut *erreurs* énumère les types d'erreurs potentielles qui ont été retenues par l'analyste parmi celles suggérées. Finalement l'attribut *gestionnaires* lie les erreurs retenues aux activités désignées par l'analyste pour leur prise en charge. Cette méthodologie a été implémentée dans leur plateforme BPM Prosero qui, tel l'analyseur syntaxique d'un compilateur, permet de détecter et de signaler les erreurs potentielles non gérées.

D'autres auteurs ont eu recours à des approches similaires que nous ne détaillerons pas dans ce document (Casati et Cugola, 2001; Bruning, Weissleder et Malek, 2007; Chan et al., 2009).

2.4.2.2 L'approche ontologique

Plusieurs auteurs se sont penchés sur l'annotation sémantique des modèle BPMN en se basant sur des connaissances exprimées sous forme d'une ontologie (Thomas et Fellmann, 2007; Tsai et al., 2007). Cette approche vise à 1) enrichir l'expressivité du processus et permettre une meilleur compréhension du modèle, 2) permettre la validation au niveau sémantique du processus, 3) inférer des aspects du processus non décrits explicitement par le modèle, et 4) faciliter la réutilisabilité (Thomas et Fellmann, 2007).

Ghidini et al. (2012) ont adopté cette même approche dans le but d'aider l'analyste à identifier les traitements d'exceptions. Leur base de connaissances est exprimée sous forme d'ontologie en utilisant le formalisme *OWL-DL* et les contraintes/assertions sont

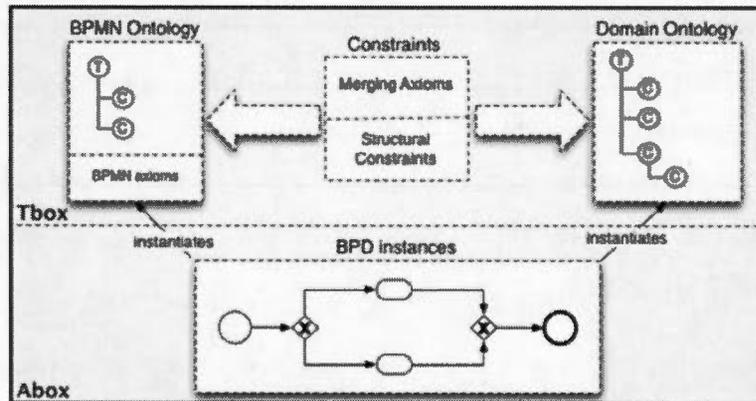


FIGURE 2.14 Architecture de la base de connaissance de Ghidini et al. (2012).

exprimées en logique descriptive *DL* (Baader et al., 2003). Elle se compose de quatre composantes principales : l'ontologie *BPMN* (*BPMNO*), l'ontologie du domaine (*BDO*), les *contraintes*, et les *instances de processus* (cf. Figure 2.14). L'ontologie *BPMN* est une représentation ontologique statique des constructions du langage *BPMN*. L'ontologie du domaine décrit les sémantiques métier du domaine qui serviront à annoter les instances de processus et contient des rôles tels que *to_check_customer_data* servant à annoter une activité *BPMN* qui vérifie les informations de l'utilisateur. L'instance de processus se compose d'individus de l'ontologie annotés par des assertions. Les ontologies *BPMN* et de domaine, ainsi que les contraintes, constituent les informations terminologiques stables du domaine (*T-Box*) tandis que les instances de processus constituent les assertions (*A-box*) spécifiques au processus modélisé.

Deux types de contraintes font partie de la base de connaissances : les *contraintes de fusionnement* et les *contraintes structurales*. Les contraintes de fusionnement (*merging axioms*) permettent d'établir des critères généraux – i.e. non spécifiques au processus – qui déterminent la validité des annotations sémantiques (ex. : $BPMNO : activité \sqsubseteq BDO : action$, i.e. une *activité* *BPMN* ne peut être annotée qu'avec une *action* de l'ontologie du domaine). Les contraintes structurales permettent d'établir les propriétés structurelles spécifiques au processus modélisé. Plus particulièrement, elles permettent

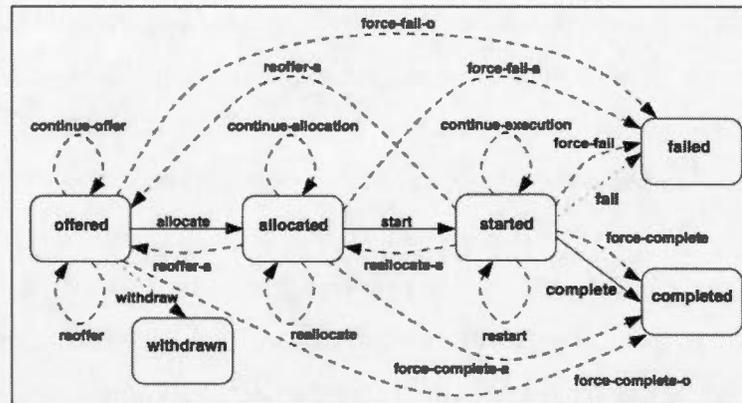


FIGURE 2.15 Cycle de vie d'une activité selon Russel et al. (2006).

de spécifier des contraintes de gestion d'exceptions. Par exemple, la contrainte voulant que l'activité de réservation d'un produit doive gérer l'exception d'indisponibilité du produit peut être formalisée en DL comme suit :

(1) $BDO : reserverProduit \sqcap BPMNO : activité \sqsubseteq \exists BPMN : hasTarget.(BPMN : errorIntermediateEvent \sqcap BDO : produitIndisponible)$

La méthodologie proposée par Ghidini et al. pour opérationnaliser leur approche repose sur la programmation par aspects. La gestion d'erreur est ainsi considérée comme une préoccupation transverse traitée de façon indépendante du chemin normal « métier » du processus. Pour permettre à l'analyste de spécifier les aspects, Di Francescomarino (2011) a proposé un langage de modélisation permettant de définir visuellement les point d'actions (*pointcuts*) et les greffons (*advices*) de l'aspect.

2.4.2.3 L'approche à base de patrons d'exceptions

Une forme d'aide à la modélisation des cas d'exceptions d'un processus d'affaires consiste à renseigner l'analyste des différentes approches possibles pouvant être implémentées. À ce titre, plusieurs auteurs se sont proposés d'énumérer ces approches sous forme de patrons.

Russel et al. (2006) ont ainsi proposé un ensemble de patrons de gestion d'exceptions basés sur divers facteurs. Ils ont identifié cinq causes pouvant déclencher une exception pour une activité donnée : défaut interne, expiration de délai, indisponibilité de ressources, déclencheur externe et violation de contrainte. Ils ont ensuite décrit le cycle de vie d'une activité en déterminant ses états possibles et les stratégies de gestion d'exception relatives à ces états. Par exemple, une activité peut être dans l'état « Démarrée » et, en cas d'exception, peut être redémarrée (SRS), continuer son exécution (SCE), arrêtée (SFF), etc. (voir Figure 2.15). Finalement, ils ont énuméré les stratégies applicables au restant du processus (*continuer, arrêter l'instance ou arrêter toutes les instances*) ainsi que les stratégies de restauration de l'état du système (*aucune action, recouvrement arrière ou compensation*). Grâce à cette étude, il ont pu établir une liste exhaustive de patrons de gestion d'exceptions (108), classés par cause d'exception, obtenus en composant les différents facteurs liés aux exceptions. À titre d'exemple et dans le cas d'une exception liée à une expiration de délai, nous citons le patron *SFF-RCC-COM* correspondant au cas où l'activité ainsi que le restant du processus seraient avortés et une compensation déclenchée pour rétablir l'état du système (voir Russel *et al.*, 2006, pour consulter la liste des patrons). Plus récemment, Ritter *et al.* (2014) ont proposé une approche similaire en adaptant les patrons de Russel au contexte des processus d'affaires exprimés en BPMN.

Kuo et al. ont énuméré des situations pouvant causer une exception basées sur l'état du système. Ils distinguent trois états relatifs au système : l'état réel, l'état abstrait et l'état du processus. L'état réel fait référence à l'état physique du monde réel tel que la disponibilité physique des produits, la disponibilité des ressources humaines, etc. Ils définissent l'état abstrait comme étant la représentation informatisée de l'état réel. L'état du processus décrit l'exécution du processus d'affaires tel que l'activité en cours d'exécution, la liste des activités exécutées. Partant de ces trois définitions d'états, ils énumèrent sept patrons (ex. : non correspondance entre l'état réel et l'état abstrait) et les stratégies possibles de gestion de l'exception.

Dans le même ordre d'idées des aspects comportementaux de la gestion d'erreurs, Lerner et ses collègues ont proposé huit patrons classés en trois classes selon qu'ils visent à trou-

ver des alternatives d'exécution, insérer un comportement au processus ou modifier un comportement existant. Pour chaque patron, l'intention, les participants et les variations éventuelles sont évoqués (Lerner et al., 2010).

2.4.3 Discussion

Dans cette section, nous avons présenté différentes approches ayant pour objectif, primaire ou secondaire, de fournir à l'analyste un support à la modélisation des processus d'affaires en général, ou à la gestion d'exceptions en particulier. Bien qu'aucune ne se concentre spécifiquement sur la compensation, nous avons jugé ces approches pertinentes et méritant d'être exposées relativement à notre problématique.

Les travaux de Ben-Eliahu et al., et de Russel et al., se sont plutôt concentrés sur des problématiques techniques liées aux aspects comportementaux d'un moteur d'exécution de processus. À travers leur approche sémantique, Ghidini *et al.* se sont intéressés à des problématiques métier, tandis que Klein et al. ont considéré une combinaison des aspects techniques et métier. Cependant, l'approche de Ghidini *et al.* a l'avantage d'être plus expressive et de pouvoir gérer des relations plus complexes que le simple héritage, grâce à une représentation ontologique des connaissances.

L'approche taxinomique présentée par Klein et al. et l'approche ontologique de Ghidini et al. supposent la construction préalable d'une base de connaissances. Malheureusement, les auteurs n'ont pas fourni de précisions quant à l'effort requis et la granularité nécessaire pour une utilisation effective de leurs approches. La critique principale que nous faisons des approches présentées concerne leur utilisabilité par un analyste d'affaires. Nous supposons qu'une base de connaissances, représentant la réalité, doit être suffisamment exhaustive pour tenir compte des nuances du monde réel. De ce fait, il nous paraît ardu pour un analyste, tant les nuances peuvent être subtiles, de naviguer dans de telles bases de connaissances afin d'annoter les activités de son processus.

Quant aux approches techniques présentées, nous jugeons que l'aide qui est fournie à l'analyste n'est pas au bon niveau d'abstraction, bien qu'il soit important que celui-ci

connaisse les mécanismes techniques sous-jacents à la gestion d'erreurs. Tel que mentionné précédemment, nous soutenons que la modélisation de la compensation (et la gestions d'erreurs) doit être dictée par des préoccupations d'affaires.

Notre approche, quant à elle, se base sur une analyse d'affaire du processus (modèle de valeurs) duquel nous sommes en mesure d'établir les activités nécessaires pour compenser le processus. Pour ce faire, nous avons identifié un ensemble de facteurs, purement métier, et défini les règles de transformation nous permettant de générer un modèle de valeurs de compensation. Dans le chapitre suivant, nous donnons une vue globale de l'approche.

CHAPITRE III

PRINCIPES DE L'APPROCHE

À travers cette thèse, notre objectif est de proposer une approche intégrée permettant la construction de processus de compensation pour un processus d'affaires. Pour ce faire, nous proposons une méthodologie en quatre étapes, dont les trois étapes principales font l'objet de ce travail. Dans ce chapitre, nous faisons un survol des principales étapes avant de détailler chacune d'entre elles dans les chapitres suivants.

L'étape qui est au coeur de notre approche, et que nous présentons dans la section 3.1, consiste à identifier les activités de compensation du processus d'affaires considéré et à construire une représentation du processus de compensation. Ce processus de compensation a pour but d'annuler les effets de l'exécution du processus entre le moment où il a été initié et celui où il a été interrompu. Cependant, notre approche d'identification des activités de compensation repose sur une abstraction métier du processus. Nous exprimons cette abstraction sous la forme d'une chaîne de valeurs dans le cadre de l'ontologie REA et nous proposons une approche qui construit le modèle en REA à partir d'un modèle du processus d'affaires exprimé en BPMN. Nous décrivons cette étape dans la section 3.2. Ensuite, nous nous intéresserons à optimiser notre approche et limiter la portée de la compensation en identifiant un ensemble de points auxquels nous pouvons rétablir le processus d'affaires, dans le but que ce dernier reprenne son exécution. Nous présentons ces aspects dans la section 3.3. En combinant ces trois étapes, nous obtenons une chaîne de valeurs REA qui décrit les activités devant être menées afin de compenser le processus. La dernière étape de notre méthodologie, qui n'est pas couverte par cette thèse, consiste à produire un modèle de processus d'affaires à partir de la chaîne de valeurs de compensation obtenue. Nous exposerons nos idées principales relativement à cette étape lorsque nous décrirons nos perspectives futures. La figure 3.1 illustre le plan de la thèse sous forme d'un diagramme BPMN. Nous indiquons, pour chacune des étapes, les données en entrées et en sorties, et précisons le chapitre dans lequel l'étape sera détaillée. Finalement, nous terminerons par un résumé du chapitre dans la section 3.4.

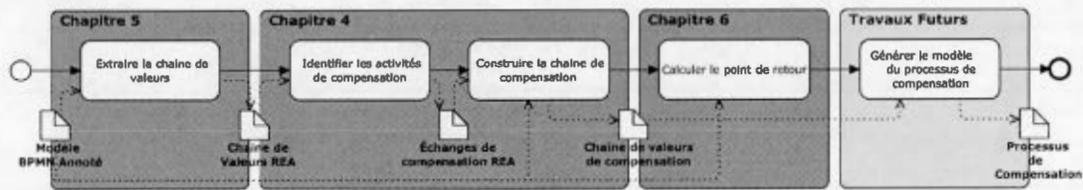


FIGURE 3.1 Vue globale de l'approche.

3.1 Identification des activités de compensation

Tel que discuté en introduction, la majeure partie de l'effort de modélisation des processus d'affaires est consacrée aux chemins d'erreurs et de compensation. À ce titre, notre approche vise à assister les analystes d'affaires dans la modélisation des chemins de compensation d'un processus d'affaires fourni en entrée. La phase d'identification des activités de compensation, décrite dans cette section plus en détails (et dans le chapitre 4), en constitue la partie centrale. La figure 3.2 présente une vue globale de cette étape.

Nonobstant les problématiques techniques relatives à la compensation, nous estimons qu'il s'agit avant tout d'un problème d'ordre métier devant être traité au niveau de l'analyse et non de l'implémentation (Mili et al., 2006; Boubaker et al., 2013). Ainsi, nous soutenons que, devant les multiples façons de compenser un processus d'affaires à un point d'interruption donné, nous serions en mesure d'expliquer les *facteurs* et paramètres décisionnels intervenant dans la modélisation des chemins de compensation pour peu que nous puissions analyser le processus d'affaires sous un angle purement métier. En effet, notre analyse nous montre que nous sommes en mesure d'identifier une grande partie des activités de compensation, en reposant sur un nombre limité de ces facteurs.

Par conséquent, l'approche que nous proposons se base sur une représentation métier du processus d'affaires fournie en entrée de cette étape. Ce modèle métier est exprimé sous la forme d'une chaîne de valeurs dans le cadre de l'ontologie REA (McCarthy, 1982). Tel que mentionné dans la section 2.3.2.1, le cadre REA permet de représenter

les phénomènes économiques sous la forme d'échanges de ressources économiques entre agents économiques, ce qui nous permet d'exprimer le processus d'affaires sous la forme d'une chaîne d'échanges REA appelée *chaîne de valeurs*. Le choix de l'ontologie REA fut motivé par une intuition voulant que si nous pouvions exprimer le processus sous forme d'échanges, compenser le processus « reviendrait » à renverser les échanges en question (Mili et al., 2006).

Au coeur de notre approche et notre principale contribution figure l'élicitation d'un ensemble de sept facteurs de compensation que nous avons classés en deux catégories : les *facteurs de classe* et les *facteurs d'instance*. Les facteurs de classe déterminent les critères décisionnels généraux s'appliquant à toute exécution du processus d'affaires en considérant, parmi d'autres, le type de phénomène économique se produisant, le type de ressources (biens) impliquées ou le type d'activité. Quant aux facteurs d'instance, ils touchent une exécution particulière du processus en considérant le point d'interruption spécifique pour lequel nous souhaitons modéliser un processus de compensation et le participant responsable de l'interruption.

En nous basant sur ces facteurs, nous proposons une méthode en trois étapes. Tout d'abord, et à partir d'un modèle dynamique du processus (BPMN) et d'un modèle métier (chaîne de valeurs REA) du processus, nous générons une chaîne de valeurs de compensation (REA) qui met en évidence les différentes activités de compensation qui doivent être menées. Nous illustrons ces trois étapes dans la partie centrale de la figure 3.2, que nous couvrirons en détail dans le chapitre 4 :

- La première étape, menée par l'analyste, consiste à classer chaque élément de la chaîne de valeurs selon les critères décisionnels dictés par nos facteurs ;
- La seconde porte sur l'instanciation de la chaîne de valeurs du processus fourni par l'analyste. Celle-ci identifie les activités qui ont eu lieu, après une interruption à un point donné, et qui doivent être considérées pour la compensation ; et
- La dernière compose la chaîne de valeurs de compensation en appliquant un ensemble de règles issues de nos facteurs.

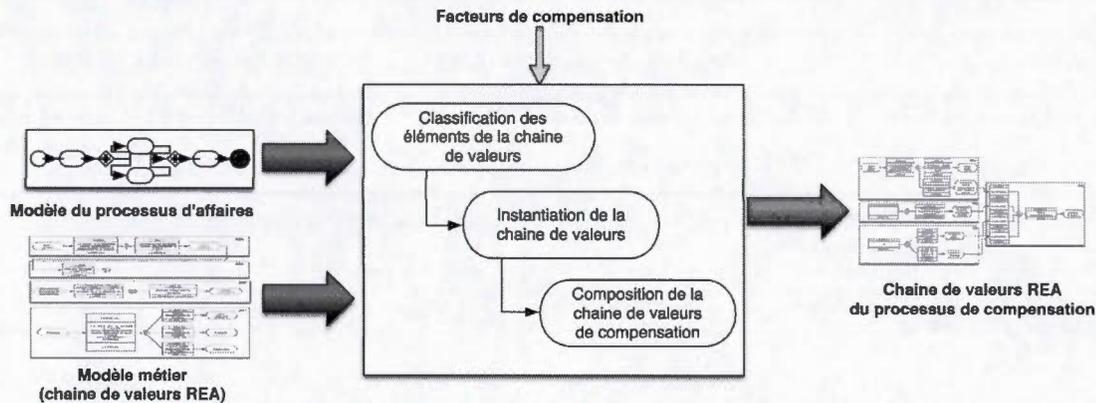


FIGURE 3.2 Vue globale de notre approche de construction des chaînes de compensation basée sur une analyse métier.

Cependant, dans le cadre d'un processus d'affaires inter-organisationnel (ou une *collaboration* en terminologie BPMN), nous nous intéressons à compenser le processus d'un des participants de la collaboration, que nous désignerons généralement par l'appellation *compagnie à l'étude*. Pour ce faire, **nous devons disposer du processus *privé* de ce participant**, par opposition au processus *public* qui n'exhibe que les activités/services d'interface et le *processus boîte noire* qui ne montre aucun détail. De même, dans une collaboration, les chaînes de valeur des différents participants diffèrent selon le participant duquel nous adoptons le point de vue. Par conséquent, nous supposons que le modèle métier en entrée **a été construit selon la perspective de la compagnie à l'étude**. Nous poserons ces deux hypothèses tout au long de cette thèse.

Ainsi, cette approche suppose que l'analyste est en mesure de fournir une chaîne de valeurs du processus d'affaires en entrée, en plus du processus d'affaires en BPMN. Ceci peut représenter une limite importante à son utilisabilité. Par conséquent, nous proposons une approche pour la construction de la chaîne de valeurs du processus que nous résumons dans la section qui suit.

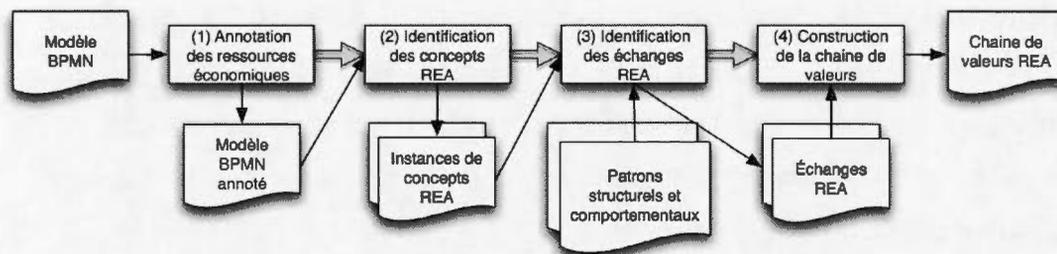


FIGURE 3.3 Vue globale de notre approche d'extraction de la chaîne de valeurs à partir d'un modèle BPMN du processus d'affaires.

3.2 Extraction de la chaîne de valeurs

Essentiellement, construire la chaîne de valeurs qui se conforme à l'ontologie REA (McCarthy, 1982) à partir de la vue dynamique du processus d'affaires (en BPMN) soulève trois questions principales. La première question que nous nous posons est *Comment identifier les instances des concepts de l'ontologie REA à partir du modèle BPMN ?* Ou, en d'autres termes, *Qu'est-ce qui, dans le modèle BPMN du processus, doit être assimilé à des ressources économiques ? des événements économiques ? ou des agents économiques ?* Pour répondre à ces questions, nous proposons des correspondances entre les éléments du modèle BPMN et ceux du modèle REA. Cependant, nous ne sommes pas en mesure d'identifier automatiquement toutes ces correspondances. Spécifiquement, nous ne sommes pas en mesure de distinguer les ressources *économiques* impliquées dans le processus des ressources non-économiques. Par conséquent, nous demandons le concours de l'analyste dans la première étape de cette approche pour identifier les ressources. Ensuite, dans la deuxième étape, nous identifions les autres instances des concepts REA selon des règles de correspondance que nous avons établies.

La deuxième question que ce problème soulève, une fois que nous disposons des instances des différents concepts, est : *Comment déterminer et/ou déduire les relations entre ces concepts afin de former des transactions REA ?* Certaines de ces relations sont explicites dans le modèle BPMN, tandis que d'autres doivent être déduites. Pour ce faire, nous reposons sur un ensemble de motifs (*patterns*) que nous avons identifiés et classés en

deux catégories : les motifs structurels et les motifs comportementaux. Les premiers nous permettent de déduire les transactions REA à partir du modèle BPMN en se basant sur une configuration structurelle générique. Quant aux motifs comportementaux, ils tirent profit de la séquence d'exécution du processus afin d'affiner les résultats obtenus grâce aux motifs structurels.

Finalement, une fois les transactions REA obtenues, nous devons nous demander *Comment relier ces différentes transactions de façon à former une chaîne de valeurs globale du processus ?* Pour y parvenir, nous devons tenir compte des relations de traçabilité associant les instances des concepts REA aux éléments du processus BPMN. À partir de ces associations, nous sommes en mesure d'établir un ordre des transactions REA en nous fiant sur la relation d'ordre du flux de séquence du processus BPMN.

Nous consacrons le chapitre 5 à la description de cette approche ainsi qu'à son implémentation.

3.3 Calcul du point de retour

Les deux étapes précédentes combinées nous permettent d'obtenir une chaîne de valeurs de compensation, produite à partir d'un modèle de processus d'affaires. Cette chaîne de valeurs exprime comment compenser le processus d'affaires en engageant des actions qui annulent tous ses effets, le ramenant ainsi à son point initial. Cependant, il est souvent ni souhaitable d'un point de vue métier, ni désirable d'un point de vue opérationnel de compenser l'intégralité du processus. Nous proposons donc une approche qui cherche à identifier le ou les points, dans le processus, en amont du point d'interruption jusqu'auxquels il est possible de compenser le processus *partiellement* dans le but d'en reprendre l'exécution par la suite. Pour que l'une des activités du processus d'affaires se qualifie comme point de retour candidat, celle-ci doit (1) avoir été exécutée avant l'interruption et (2) être en mesure de corriger l'erreur ayant été observée avant de reprendre l'exécution du processus. Pour qu'un point de retour puisse corriger l'erreur observée, il doit à la fois (1) être associé, directement ou indirectement, à l'erreur observée et (2) être

en mesure de modifier son résultat ou d'offrir un chemin alternatif à celui emprunté initialement.

Par conséquent, pour identifier les points de retour candidats, nous devons connaître le point d'interruption lors de l'exécution du processus, ainsi que de l'erreur ayant été observée. Notre approche repose sur notre capacité à interpréter l'erreur ayant été observée et à la relier aux différentes activités du processus d'affaires. À ce titre, nous avons proposé le méta-modèle CBPMN (pour *constrained* BPMN), qui est une extension au langage BPMN nous permettant de spécifier la sémantique des noeuds du processus à travers des pré-conditions et des post-conditions exprimées dans le langage OCL (Object Management Group, 2014).

À partir d'un processus d'affaires exprimé en CBPMN, nous cherchons, dans un premier temps, à simplifier le problème en éliminant toutes les activités du processus d'affaires n'ayant pas de lien avec l'erreur observée. Pour ce faire, nous proposons l'application de la technique du tranchage (*slicing*), largement reconnue dans le domaine du génie logiciel. Initialement proposée par Weiser (1984), cette technique repose sur une analyse de flux de données et vise à identifier les instructions d'un programme ayant pu influencer la valeur d'une variable à une position donnée dans l'arbre d'exécution. Dans notre approche, nous appliquerons la technique du tranchage que nous transposerons au contexte des processus d'affaires. À ce titre, nous proposerons un algorithme de tranchage de processus d'affaires CBPMN qui, pour un point d'interruption et une erreur donnés, identifie les noeuds du processus ayant pu influencer, directement ou transitivement, l'erreur observée.

Une fois notre problème simplifié par tranchage, nous devons identifier, parmi les noeuds du processus faisant partie de la tranche, ceux ayant la capacité de corriger l'erreur observée ou de permettre d'emprunter un chemin alternatif. Pour ce faire, nous proposons un ensemble d'heuristiques nous permettant d'éliminer de l'espace de la solution ceux qui ne répondent pas à ces contraintes. Les activités restantes constituent le résultat de notre approche à partir desquelles l'analyste sera en mesure de choisir le point de retour désiré.

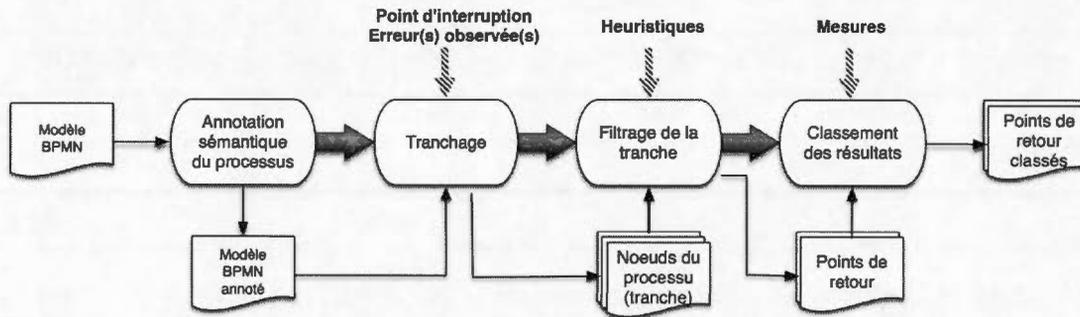


FIGURE 3.4 Processus d'identification des points de retour.

Cependant, dans le cas où nous obtenons plusieurs points de retour, notre approche aurait une plus grande utilité si nous étions en mesure de proposer un classement par pertinence. En effet, nous pouvons imaginer plusieurs critères pouvant distinguer deux points de retour candidats. Un critère évident (naïf) consisterait à choisir le point le plus proche du point d'interruption afin de compenser le moins d'activités possibles. Cependant, plusieurs autres critères peuvent être tout aussi pertinents. À ce titre, nous proposerons un ensemble de mesures et d'heuristiques permettant de classer les points de retour selon des critères métier. Il reviendra ainsi à l'analyste de sélectionner les métriques les plus appropriées à son contexte. Nous illustrons notre approche dans la figure 3.4 et nous en fournissons les détails dans le chapitre 6.

3.4 Résumé

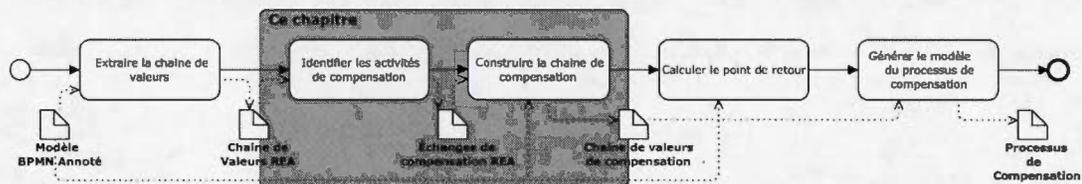
Dans ce chapitre, nous avons présenté un aperçu global de la méthodologie faisant l'objet de cette thèse. Cette méthodologie vise à construire le processus de compensation d'un processus d'affaires. À partir d'un modèle de processus, nous proposons d'abord une approche pour produire une représentation métier du processus, exprimée dans le cadre de l'ontologie REA. La deuxième étape de notre approche s'articule autour de cette représentation métier : puisque celle-ci nous permet de considérer uniquement les aspects du processus dont nous devons tenir compte pour compenser, nous sommes en mesure d'identifier les activités nécessaires pour compenser le processus en reposant sur la vue métier et sur un ensemble de facteurs décisionnels de compensation que nous

avons identifiés. Il résulte de cette étape une chaîne de valeurs de compensation permettant de renverser intégralement les effets du processus. Nous décrivons cette étape au chapitre suivant. L'avant-dernière étape de notre méthodologie s'intéresse à identifier des compensations partielles permettant de reprendre l'exécution du processus. Ainsi, et compte tenu de l'erreur ayant été observée au moment de l'interruption du processus, ceci nous permet de déterminer un ensemble de points de retour susceptibles de corriger l'erreur. Le choix d'un point de retour permet d'obtenir une chaîne de valeurs de compensation réduite qui sera utilisée par notre dernière étape pour produire un modèle de processus de compensation (en BPMN, par exemple). Ce dernier aspect sera traité dans nos travaux futurs.

CHAPITRE IV

IDENTIFICATION DES ACTIVITÉS DE COMPENSATION

En introduction de ce manuscrit, nous avons présenté la problématique de la compensation et expliqué que, malgré les multiples façons de modéliser un processus de compensation, d'apparence innombrables, nous estimons que celles-ci peuvent s'expliquer par un nombre limité de paramètres. En effet, nous considérons la problématique de la modélisation des processus de compensation comme un problème métier avant tout et nous estimons devoir considérer le processus d'affaires sous ce spectre plutôt que sous la perspective opérationnelle/dynamique du processus (ex. : BPMN). De ce fait, nous proposons de considérer la vue métier du processus à travers son *modèle métier* dans le but d'identifier les facteurs métiers qui influencent la compensation. Un modèle métier a pour objectif d'explicitier la création de la valeur au sein de l'entreprise en mettant l'accent sur les biens impliqués ainsi que la logique des interactions entre les différents acteurs du processus. Parmi les approches permettant de modéliser les modèles métiers, nous avons retenu l'ontologie REA de par sa simplicité et sa perspective, orientée envers les échanges de biens économiques, qui nous a paru adaptée à la problématique de la compensation. Après avoir identifié les facteurs de la compensation, nous serons en mesure (1) de déterminer quelles activités doivent être menées pour compenser un processus donné, (2) de définir l'ordre de ces activités, à la *Sagas* (Garcia-Molina et Salem, 1987), afin de construire le processus de compensation global et (3) de spécialiser la compensation à une instance (exécution) spécifique du processus. Nous commencerons par présenter le cadre REA (section 4.1). Ensuite, nous introduirons notre ensemble de facteurs de compensation dans la section 4.2. Dans la section 4.3, nous expliquerons comment utiliser nos facteurs pour construire le processus de compensation. Finalement, nous présenterons notre implémentation, dans la section 4.4, avant de conclure par une discussion à la section 4.5. Tout au long de ce chapitre, nous illustrerons notre approche en recourant à l'exemple de la compagnie *ABC Inc.* introduit dans la section 1.1.3.



4.1 Le cadre REA

Le cadre REA a été proposé en 1982 par William E. McCarthy, dans la continuité de ses travaux de thèse de doctorat où il a analysé un grand nombre de transactions comptables, identifié leurs propriétés communes et proposé un modèle générique permettant de décrire ces transactions (McCarthy, 1982). Ainsi, REA tient ses racines du domaine de la comptabilité et fut proposé initialement comme alternative au système traditionnel de comptabilité à double entrée (crédits/débits). Cependant, depuis plus d'une décennie, ce modèle a été ravivé et étendu par McCarthy et Geerts comme une ontologie d'affaires et comme un cadre pour modéliser les phénomènes économiques au sein d'une entité économique (Geerts et McCarthy, 2001; Geerts et McCarthy, 2002). Depuis, il fait partie des trois ontologies d'affaires les plus reconnues autant dans la littérature scientifique que dans l'industrie, aux côtés de e³value (Gordijn et Wieringa, 2003) et BMO (Osterwalder, 2004). Notamment, le cadre REA fait partie intégrante de la méthodologie *UN/CEFACT Modeling Methodology* (UMM), une approche proposée par les Nations Unies dans le but de faciliter l'analyse, la réutilisation, et la collaboration au sein de processus d'affaires (United Nations Centre for Trade Facilitation and Electronic Business, 2003, p. 7). De plus, l'ontologie REA a été le fondement de plusieurs normes visant à spécifier et faciliter les échanges électroniques entre les organisations telles que ebXML (OASIS et UN/CEFACT, 2001) et openEDI (International Standards Organisation et Electrotechnical International Commission, 2010). Plus récemment, REA a été à la base d'une nouvelle norme de l'OMG qui se propose de « fournir un langage de modélisation standard pour la conception des opérations en entreprise, orientée vers la création et l'échange de valeurs. » (Object Management Group (OMG), 2015, traduction libre). Nous retrouvons également l'utilisation de l'ontologie REA dans d'autres domaines, notamment les architectures d'entreprise et la norme TOGAF où les modèles REA sont l'une des sources de données entrant dans la conception des architectures d'entreprises (The Open Group, 2011, p. 83).

Intuitivement, le cadre REA nous permet de modéliser les processus d'affaires en termes

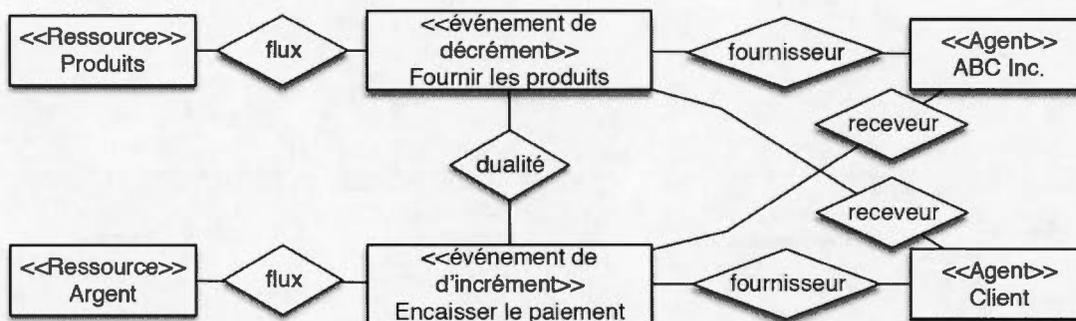


FIGURE 4.1 Échange REA de haut niveau du processus ABC Inc.

de biens – appelés *ressources économiques* – qui sont contrôlés par des participants au processus – les *agents économiques* – et qui sont échangés par l’entremise d’opérations – les *événements économiques* – ayant lieu au sein de l’entreprise. La figure 4.1 présente un modèle Entités-Associations qui illustre un échange correspondant au processus d’affaires de *ABC Inc.* (cf. figure 1.1, p.4), pris à un haut niveau d’abstraction. Tel qu’illustré, le processus de *ABC Inc.* consiste à échanger des *Produits* contre de l’*Argent*. Pour que l’échange puisse avoir lieu, des activités doivent être entreprises qui consistent à *fournir les produits* et *encaisser le paiement*. Ces activités sont liées par une relation de dualité, un concept au coeur de l’ontologie REA, permettant de justifier la transaction d’un point de vue métier (c.-à-d. pourquoi un produit a été fourni et pourquoi de l’argent a été encaissé). Chaque événement a lieu au bénéfice, et au dépens, d’une des parties prenantes (acteurs). Ainsi les *Produits* sont fournis par *ABC Inc.* au bénéfice du *Client*, et réciproquement pour le paiement (*Argent*).

Ainsi, le cadre REA, tel qu’introduit par McCarthy (1982), permet de modéliser les phénomènes économiques d’une organisation sous forme de *transactions économiques*. Chaque transaction économique fait intervenir trois concepts : les *ressources économiques*, 2) les *événements économiques*, et 3) les *agents économiques* qui participent à l’échange. Nous présentons dans la figure 4.2 le méta-modèle REA qui montre les associations et les cardinalités entre les différents concepts. Tel qu’illustré, toute transaction économique REA regroupe un ensemble d’événements économiques d’incrément

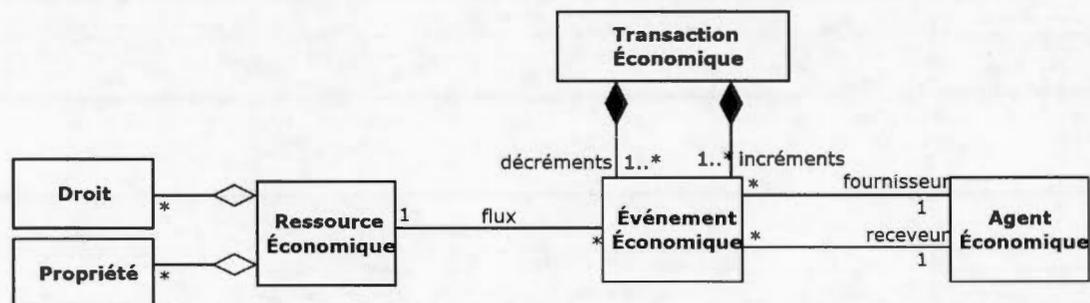


FIGURE 4.2 Méta-modèle REA.

et d'événements économiques de décrémentation. Chaque événement est associé à une ressource économique. Cette ressource sera incrémentée ou décrémentée par la transaction, selon le type d'événement. Chaque événement est aussi lié à deux agents économiques : l'un fournit la ressource économique (le *fournisseur*) et l'autre en bénéficie (le *receveur*). Tant les ressources économiques que les agents économiques peuvent être associés à plus d'un événement économique (c.-à-d. participer à plus d'une transaction).¹

Nous commencerons, dans la sous-section qui suit, par motiver notre choix de la modélisation métier en général, et du cadre REA en particulier, comme cadre conceptuel supportant notre approche de modélisation des processus de compensation. Ensuite, le restant de la section sera consacré à la présentation des principaux concepts de l'ontologie et leurs relations.

4.1.1 Pourquoi REA ?

Notre approche repose sur une analyse métier du processus d'affaires. En effet, la tâche consistant à identifier les activités de compensation du processus d'affaires paraît insoluble, à première vue, devant la complexité induite par les multiples façons de compenser pour un traitement donné du processus d'affaires. Cependant, nous faisons l'hypothèse

1. Notons que nous avons légèrement modifié la terminologie REA dans cette thèse afin d'éviter les ambiguïtés. Ce que nous appelons *Transaction Économique* est appelé *Processus* par les auteurs de l'ontologie.

que cette grande variabilité est essentiellement due à la perspective sous laquelle nous considérons le processus d'affaires. En effet, la vue BPMN du processus d'affaires offre une vue détaillée sur les activités devant être effectuées ainsi que leur ordonnancement dans le but de réaliser les objectifs d'affaires de l'entreprise. Cependant, ces objectifs d'affaires n'apparaissent pas explicitement dans la vue BPMN. Or, si nous pouvions disposer, explicitement, de la logique économique et métier visés par le processus d'affaire, nous estimons être capables de calculer la façon de compenser une activité du processus.

Par conséquent, en reposant seulement sur la vue BPMN du processus, nous ne disposons pas de la bonne perspective ni du bon niveau d'abstraction pour mener une analyse des activités de compensation du processus et nous devons considérer une vue alternative. À ce titre, plusieurs abstractions ont été proposées, qui permettent d'exprimer les préoccupations métier, dont les modèles d'objectifs (GRL, i^* , KAOS) ou les modèles métiers (e^3 value, BMO, REA). Pour une revue de ces approches, nous renvoyons le lecteur à la section section 2.3 du chapitre 2. Bien que ces différentes approches exhibent les informations que nous estimons pertinentes, nous avons retenu les modèles métiers et, spécifiquement, l'ontologie REA comme cadre conceptuel pour mener nos analyses pour plusieurs raisons que nous détaillons ci-dessous.

Tout d'abord, un modèle métier met au premier plan les ressources économiques impliquées dans un processus d'affaires. En effet, dans le cadre d'un modèle métier, le modélisateur s'intéresse à exprimer comment la valeur est créée au sein de l'entreprise. Un modèle métier exhibe ce que l'entreprise offre à son environnement et, en contrepartie, ce qu'elle requiert pour y parvenir. Il en résulte que les ressources économiques, échangées dans le cadre de transactions économiques, sont des objets de première classe dans les modèles métiers. Ceci fait contraste avec les modèles d'objectifs où nous cherchons plutôt à décomposer un objectif principal en différents niveaux et types (ex. : *hard goal*, *soft goal*) de sous-objectifs permettant de l'atteindre par un processus d'affaires. Or, dans le contexte de la compensation, nous cherchons à annuler les effets du processus d'affaires, ces effets étant subis par les ressources économiques impliquées dans le processus. Ainsi, l'abstraction offerte par les modèles métiers semble être le bon point

de vue pour considérer le processus aux fins de la compensation.

La seconde raison ayant motivé le recours à la modélisation métier est liée à l'abstraction du flux de séquence faite par ces modèles. Ainsi, dans un modèle métier, nous ne nous préoccupons pas de l'ordre dans lequel les activités sont exécutées mais nous nous concentrons plutôt sur l'ordre des traitements subis par les ressources économiques du processus d'affaires. Prenons l'exemple d'une vente où un produit est cédé et un montant d'argent est acquis en échange. Pour ce seul et même échange, nous pouvons envisager au moins trois façons de procéder. Nous pouvons, dans le cadre d'une vente au comptoir, céder le produit en même temps que l'argent est perçu. Si la vente s'effectue par correspondance, le modèle généralement observé est que le client paie d'abord puis reçoit le produit par l'intermédiaire d'un transporteur. Si, par contre, nous avons affaire à une vente de type *Business-to-Business* (B2B), les clients déjà connus peuvent disposer d'un compte client et les produits leur sont livrés bien avant que le paiement ne soit perçu. Nous pouvons envisager une multitude d'autres cas de figures tels que le paiement d'un acompte d'abord, le paiement à la livraison, le paiement par financement (un autre partenaire intervient alors), etc. Cependant, pour compenser une vente, il suffit de remettre l'argent au client et récupérer le produit intact, peu importe l'ordre dans lequel ces activités se sont produites initialement et peu importe l'ordre dans lequel elles seront renversées. Par conséquent, un modèle métier offre une abstraction qui réduit la complexité du problème en éliminant les détails d'orchestration non-pertinents pour traiter la compensation.

Quant au choix de REA, celui-ci a découlé de la manière dont l'ontologie représente un processus d'affaires et d'une intuition qui fût exprimée par Mili *et al.* dès 2006 (Mili *et al.*, 2006). En effet, l'ontologie REA nous incite à considérer les différents phénomènes économiques se produisant dans un processus d'affaires sous la forme d'échanges : une ressource économique est échangée contre une autre, ou encore *pour justifier l'acquisition* d'une autre. Le processus en tant que tel est représenté par la succession de ces échanges économiques. Notre intuition fut alors de considérer l'échange économique comme notre unité d'analyse et de nous dire que si une certaine ressource *A* fût échangée dans le but

d'acquérir une autre ressource B , alors compenser l'échange reviendrait à retourner la ressource B à son propriétaire initial et à récupérer la ressource A . Il est entendu que la réalité n'est pas aussi simple et que nous devons considérer davantage de paramètres, mais cette intuition nous a guidé tout au long de notre approche, que nous détaillerons dans la suite de ce chapitre.

Avant de présenter notre approche, nous passons d'abord en revue les principaux concepts de l'ontologie REA, à savoir, les *ressources*, les *événements* et les *agents* économiques.

4.1.2 Principaux concepts de l'ontologie REA

4.1.2.1 Les ressources économiques

Un processus d'affaires vise à réaliser un objectif métier en mettant en œuvre un ensemble d'activités qui utilisent ou consomment les biens de l'organisation. Nous appelons ces biens des *ressources économiques* qui peuvent être, par exemple, de la matière première, de l'argent ou de la main-d'œuvre. McCarthy définit les ressources économiques comme étant « des objets qui sont (1) rares, (2) ont une utilité et (3) sont sous le contrôle d'une entreprise » (McCarthy, 1982, traduction libre).

Dans le cadre de l'ontologie REA, une ressource économique est caractérisée par un *ensemble de droits* et un *ensemble de propriétés*. Un *droit* est défini par le dictionnaire Larousse.fr comme étant « ce qui confère un pouvoir, une prérogative, un titre, une autorité, considérés comme légitimes ». ² Parmi les droits, nous pouvons citer le *droit à la propriété*, la *propriété intellectuelle*, le *droit d'utilisation* et le *droit de contrôle*, notamment. Un droit est détenu par un agent économique et peut être *transféré* entre agents dans le cadre d'événements économiques (voir plus bas). Notons, cependant, qu'il ne suffit pas de détenir un droit pour être en mesure de le transférer. Par exemple, le locataire d'une auto détient le droit de l'usage de l'auto mais n'a pas forcément la capacité de permettre à un tiers l'usage du véhicule. Un droit peut être encadré par

2. <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/droit/26842>, dernier accès 24/12/2015.

différents paramètres tels qu'une durée dans le temps ou des paramètres spécifiques à la ressource (ex. : un nombre limité de kilomètres dans notre exemple de location de voiture).

Les propriétés sont définies par Hruby comme étant « les caractéristiques, les capacités ou les états d'une ressource qui établissent l'utilité de la ressource pour un agent économique » (Hruby, 2006, p. 44, traduction libre). Les propriétés sont caractéristiques des ressources économiques ou d'une classe de ressources économiques. Elles représentent l'abstraction du monde réel que l'on souhaite modéliser et sous laquelle la ressource économique est considérée. Par exemple, pour des ressources tangibles, nous pourrions nous intéresser au poids, à la taille ou à la localisation. Dans le cadre de ressources comestibles, nous pourrions notamment nous intéresser à la température et à la fraîcheur, etc. Comme pour les droits, les propriétés peuvent être encadrées par d'autres paramètres tels qu'une date de péremption pour la propriété de la fraîcheur. Les propriétés sont *altérées* dans le cadre d'événements économiques. Par exemple, le déplacement d'un produit en altère sa propriété de *localisation*.

4.1.2.2 Les agents économiques

Les activités d'un processus d'affaires sont menées par des entités physiques (ex. : le client) ou morales (ex. : organisations ou unités organisationnelles) appelées *agents économiques*. Les agents exercent un contrôle sur les ressources économiques et disposent de la capacité de les céder ou des les acquérir (dans la limite des droits qui leur sont conférés). Chaque ressource économique impliquée dans un processus d'affaires est ainsi associée à deux agents économiques : celui qui la fournit (le *fournisseur*) et celui que la reçoit (le *receveur*).

4.1.2.3 Les événements économiques

Finalement, le cadre REA stipule que tout phénomène économique est un échange de ressources impliquant un ensemble d'activités liées par une relation de dualité appelés les

événements économiques. McCarthy adopte la définition de Yu qui décrit les événements économiques comme étant « une classe de phénomènes qui reflètent des changements dans des biens en quantités limitées à la suite de production, d'échange, de consommation ou de distribution » (traduction libre)(Yu, 1976, cité par McCarthy (1982)).

Chaque transaction économique fait intervenir un ensemble d'événements qui augmentent la valeur des ressources à la disposition de l'organisation (les *événements d'incrément*) et un ensemble d'événements qui la diminuent (les *événements de décrétement*), liés par une relation de *dualité*. Les événements d'incrément et de décrétement sont associés à leurs ressources en entrée et en sortie, respectivement. Pour déterminer les événements d'incrément et de décrétement, nous devons choisir l'agent économique dont nous adoptons la perspective. En effet, si nous revenons à notre exemple de la figure 4.1, l'événement économique *Fournir les produits* est un événement de décrétement car il va réduire la quantité de produits que *ABC Inc.* détient en inventaire. Cependant, en adoptant le point de vue du *Client*, ce même événement économique augmente la quantité de produits détenue par le *Client* et serait donc un événement d'incrément. Par conséquent, le modèle de la figure 4.1 adopte la perspective de *ABC Inc.*

4.1.2.4 Les créances économiques

Dans notre exemple de *ABC Inc.*, l'échange présenté à la figure 4.1 ne donne aucune indication sur l'ordonnancement des événements *Fournir les produits* et *Encaisser le paiement*. Dans le cas d'une vente en ligne, par exemple, cet échange n'est pas instantané, ce qui crée un déséquilibre durant la période de temps entre les événements. La modélisation métier avec le cadre REA fait abstraction des aspects comportementaux du processus (flux de contrôle, ordonnancement) en se concentrant sur les phénomènes économiques et les ressources économiques d'importance. Cependant, il arrive souvent que les événements économiques intervenant dans un échange REA ne se produisent pas simultanément, créant ainsi un déséquilibre des ressources échangées.

Pour répondre à cette problématique, McCarthy a introduit le concept de *créances*

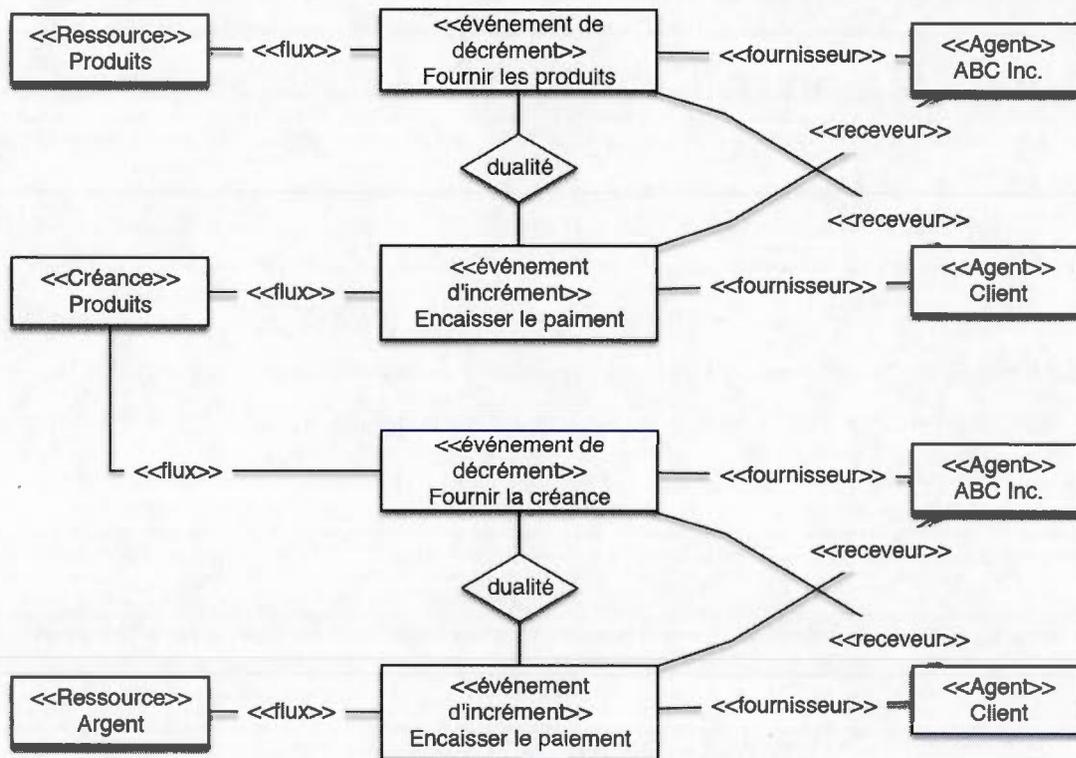


FIGURE 4.3 Transaction de la figure 4.1 montrant la non-simultanéité de l'échange par une créance.

(*claims*) comme étant « (...) des ressources intangibles en faveur ou en défaveur de l'entreprise. Les créances dérivent d'un déséquilibre dans la relation de dualité où une entreprise a soit (1) acquis le contrôle de ressources et est maintenant responsable d'un décrémentation futur, soit (2) cédé le contrôle d'une ressource et est en droit de prétendre à un incrément futur (...) » (McCarthy, 1982, traduction libre).

Ainsi, lorsque nous souhaitons montrer explicitement ce déséquilibre entre les ressources économiques (et en tenir compte dans le système d'informations), nous devons recourir aux créances. La figure 4.3 reprend l'échange de la figure 4.1 en reflétant que le paiement pour les produits est effectué par le client après avoir reçu les produits. Entre l'instant où le produit a été livré et celui où *ABC Inc.* a reçu son paiement, cette dernière détient une créance (dette) sur le client correspondant aux produits ayant été vendus.

Dans le cadre de notre approche, nous utiliserons les créances comme remplacement des ressources économiques ayant été consommées. En d'autres termes, une créance est une dette future, relative à une ressource économique, détenue par l'agent économique pour qui la dette est redevable. Ainsi, une créance économique est une ressource économique *future* représentant une (ou une portion d'une) ressource économique. Une créance est détenue par un agent économique prenant part au processus et a la même valeur que la ressource économique qu'elle représente. Ultimement, une créance doit être recouverte (c.-à-d. échangée contre une ressource économique concrète) à travers une transaction économique de recouvrement de créances.

Dans leurs travaux récents, notamment lors de l'intégration de REA avec OpenEDI et ebXML, Geerts et McCarthy ont étendu l'ontologie en introduisant d'autres concepts. Parmi ces concepts, nous citons les contrats et les engagements (*commitments*). Nous n'élaborerons pas davantage sur ces concepts car nous n'y aurons pas recours dans notre approche, mais nous renvoyons le lecteur intéressé aux travaux de Geerts et McCarthy (2000, 2002).

Tous les concepts que nous avons présentés dans cette sous-section interviennent dans le cadre de transactions économiques. Nous distinguons deux types de transactions que nous présentons dans la prochaine sous-section : les *échanges* et les *conversions*.

4.1.3 Les transactions économiques

Tel que nous l'avons mentionné plus haut, chaque transaction économique REA se compose d'un ensemble d'événements économiques de décrétement et un ensemble d'événements d'incrément. Ces deux ensembles sont liés par la relation de *dualité*, une notion qui est au coeur de l'ontologie REA permettant de justifier les événements économiques ayant lieu. Par exemple, dans le cadre d'une vente, une boutique remet un produit (décrétement) parce qu'elle s'attend à percevoir un paiement de la part de son client.

Cependant, les phénomènes économiques ayant lieu en entreprise ne se limitent pas à échanger des ressources pour d'autres. Bien que tout processus d'affaires puisse impliquer

ultimement une transaction – telle la cession d’un produit contre un paiement – cette transaction est généralement précédée par une succession d’activités qui ajoutent de la valeur au produit vendu. Par exemple, une usine consomme de la matière première, de la main-d’œuvre et de l’énergie dans le but de créer des produits.

Ces nuances de transactions économiques ne sont pas explicites dans le cadre REA de base tel qu’initialement introduit par McCarthy (1982). Des travaux ultérieurs par Geerts et McCarthy (Geerts et McCarthy, 2000; Geerts et McCarthy, 2001) ainsi que Hruby (Hruby, 2006) ont relevé la distinction entre les deux types de transactions économiques : *les échanges* et *les conversions*.

4.1.3.1 Les échanges

Dans un échange, les événements économiques d’incrément et de décrétement impliqués concernent l’acquisition ou la cession, temporaires ou permanentes, de *droits* relatifs aux ressources qui leurs sont associées. Les ressources sont ainsi perçues par leur ensemble de *droits*, détenus par les agents économiques qui sont cédés ou acquis. L’exemple présenté dans la figure 4.1 illustre un échange : la compagnie *ABC Inc.* cède les produits au client et, en *échange*, le client cède son argent à *ABC Inc.* Chaque événement économique modifie seulement les droits de la ressource lui étant associée. Ainsi, l’événement *Fournir les produits* ne transfère que les droits des produits. Dans le cadre d’un échange, l’agent économique *fournisseur* est celui qui détient le droit à transférer, tandis que le *receveur* est celui qui va l’acquérir.

4.1.3.2 Les conversions

Les *conversions* elles impliquent l’utilisation ou la consommation de ressource économiques dans le but d’obtenir des variations des ressources initiales ou de nouvelles ressources. Les ressources ainsi obtenues ont, typiquement, une plus grande valeur pour l’organisation que la somme des valeurs des ressources en entrée. La figure 4.4 illustre un exemple de conversion. Dans cet exemple, un vélo est obtenu à partir de trois ressources

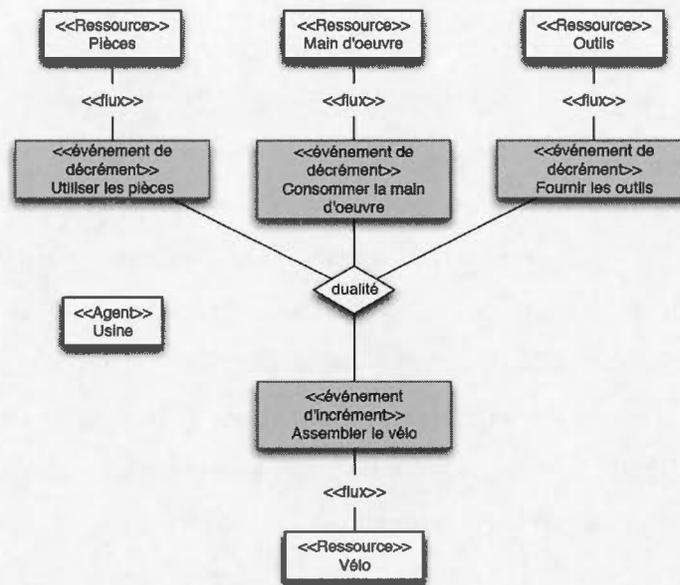


FIGURE 4.4 Exemple de conversion.

économiques : des pièces, des outils et de la main-d'œuvre.

Dans une conversion, les ressources sont définies par les *propriétés* qui sont altérées dans le cadre de leurs événements économiques respectifs. Les propriétés altérées par une conversion déterminent ainsi les effets subis par les ressources. Dans notre exemple de la figure 4.4, les outils utilisés voient leur propriété de *disponibilité* altérée. Ainsi, les outils ne sont plus disponibles pour d'autres tâches de l'usine durant la conversion et, par conséquent, l'événement *Fournir les outils* est un événement de décrémentation. Il en est de même pour la main-d'œuvre et les pièces. Cependant, la main-d'œuvre est consommée par la conversion et cesse d'exister une fois la transaction achevée. Nous disons que nous altérons sa propriété d'*existence*.³ Quant aux pièces, elles existent encore après la conversion mais sont maintenant *assemblées* (donc leur propriété *assemblé* a été altérée). La conversion permet de produire un vélo qui voit également sa propriété d'*existence*

3. Notons ici que la notion d'existence de la pièce ne réfère pas à l'existence de l'information sur la pièce dans le système d'information. En effet, même si la pièce cesse d'exister, sa référence persiste dans le système mais il ne doit plus être possible de l'utiliser dans d'autres conversions futures.

altérée (le vélo existe après la conversion).

Notons que dans le cas d'une conversion, et contrairement au échanges, l'événement d'incrément peut modifier les propriétés des ressources économiques associées aux événements de décrétement. Dans notre exemple, l'événement *Assembler le vélo*, en plus de créer un vélo (propriété d'*existence*), altère les pièces qui n'existent plus après la conversion. Il en va de même pour la main-d'œuvre qui aura été consommée. Les outils, quant à eux, sont rendus disponibles après cet événement. Notons également que, dans le cas d'une conversion, les événements économiques d'incrément et de décrétement se produisent de façon simultanée (Hruby, 2006, p. 50-53). En effet, dans notre exemple de la figure 4.4, la fourniture des outils pour réaliser l'assemblage du vélo démarre au moment où l'assemblage commence et se termine au moment où l'assemblage est terminé. Ainsi les outils ne sont pas disponibles durant toute la durée de l'assemblage.

Au sein d'une conversion, l'agent économique qui *fournit* la ressource économique est celui qui en détient le (droit de) contrôle, tandis que le *receveur* sera celui qui va en obtenir le contrôle (Hruby, 2006, p. 48-50). Ce *droit de contrôle* n'est transféré que pour la durée de la conversion et sera rétabli à son propriétaire d'origine après la transaction. L'agent économique impliqué dans l'exemple de la figure 4.4 est l'*Usine* autant comme fournisseur que receveur, et ce, pour tous les événements économiques.

Dans la figure 4.4, nous avons volontairement omis de représenter les associations de fournisseur/receveur avec les agents pour garantir sa lisibilité. Nous proposons d'ailleurs, dans la sous-section qui suit, une notation qui nous permet de représenter les échanges REA intégralement et de façon plus compacte et plus lisible que la notation Entité-Relation.

4.1.4 Notation proposée

Lorsque l'ontologie REA a été introduite, ses auteurs n'ont pas proposé de notation spécifique et ont adopté la notation entités-associations (ER). Cette notation générique a l'inconvénient d'être gourmande en espace et, selon nous, rend ardue la compréhension

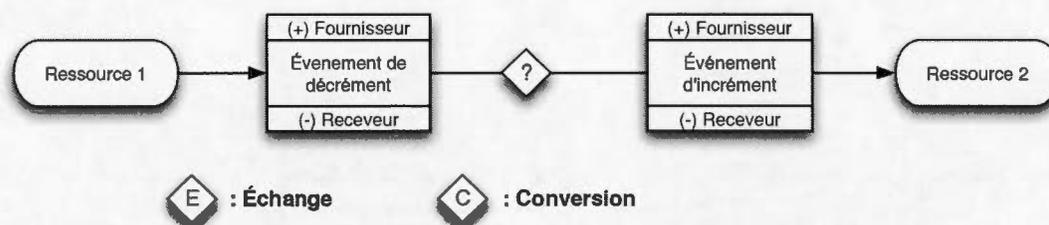


FIGURE 4.5 Légende de la notation REA proposée.

de grands modèles. Parce que nous faisons une utilisation intensive de modèles REA dans cette thèse, nous proposons une notation spécifique à REA. En concevant cette notation, nous avons souhaité préserver le même niveau de détails que la notation ER, tout en produisant des transactions REA plus compactes et plus lisibles.

Nous présentons, dans la figure 4.5, la légende de la notation que nous proposons. Les ressources économiques sont présentées par des ovals aplatis. Dans les rectangles, nous présentons les événements économiques. Chaque rectangle est divisé verticalement en trois compartiments. Le nom de l'événement économique est représenté dans le compartiment du centre. Les compartiments du haut et du bas sont réservés aux agents économiques impliqués dans l'événement. Celui du haut, toujours précédé par un (+) est le fournisseur, tandis que celui du bas, précédé par un (-), est le receveur. Les événements sont liés par dualité. La dualité est représentée par un losange reliant les différents événements. Au centre du losange, nous devons spécifier le type de transaction REA : *E* pour un échange et *C* pour une conversion. Les ressources économiques sont associées aux événements économiques par une flèche unidirectionnelle. Le sens de la flèche détermine le type d'événement. Si celle-ci a la ressource économique comme origine et l'événement économique comme destination, l'événement sera alors un événement de décrémentation. Réciproquement, une flèche en sens inverse indique événement d'incrément. À titre de comparaison, nous avons reproduit dans la figure 4.6 l'exemple de la figure 4.4 en utilisant la nouvelle notation. Nous noterons que les détails omis dans la figure 4.4 ont été spécifiés dans la nouvelle version du modèle.

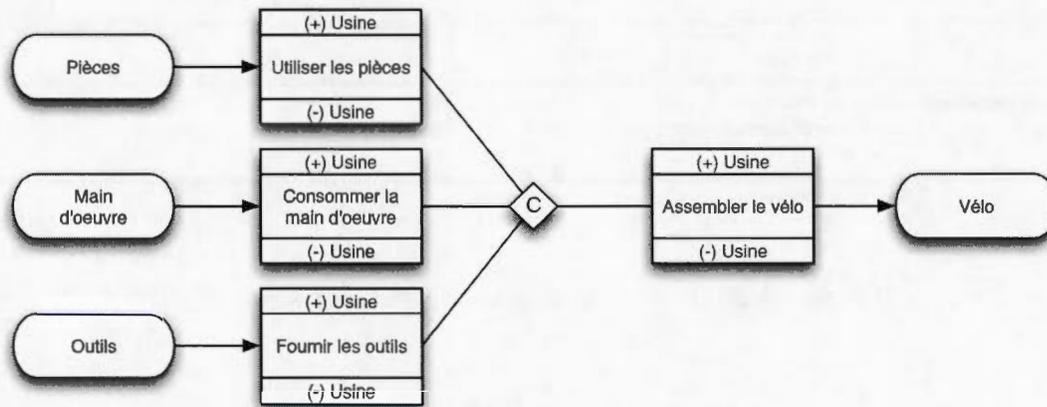


FIGURE 4.6 Exemple de conversion de la figure 4.4 reproduit avec la notation proposée.

Nous avons également implémenté un outil permettant la modélisation des *chaines de valeurs* REA en utilisant cette notation et que nous présenterons dans la sous-section 4.4.2. Une chaîne de valeurs est une succession de transactions REA respectant la contrainte de flux de ressources. Nous présentons cette notion, avec de plus amples détails, dans la sous-section qui suit.

4.1.5 Chaîne de valeurs d'un processus d'affaires

Le cadre REA permet de montrer la création de la valeur au sein d'une organisation à travers sa chaîne de valeurs. La notion de chaîne de valeurs a été introduite par Porter (1985) pour mettre en évidence ce cycle permettant de générer de la valeur à travers les diverses activités engagées dans une compagnie. Pour modéliser une chaîne de valeurs en REA, il suffit de chaîner les transactions REA autour des ressources, deux transactions étant connectées si la première produit une/des ressource(s) économique(s) que la seconde requiert en entrée.

Comme nous l'avons mentionné, notre approche repose sur la vue de la chaîne de valeurs. Cependant, notre notion de chaîne de valeurs s'écarte, en termes de granularité, de la chaîne de valeurs proposée par Porter (1985) et généralement observée dans la lit-

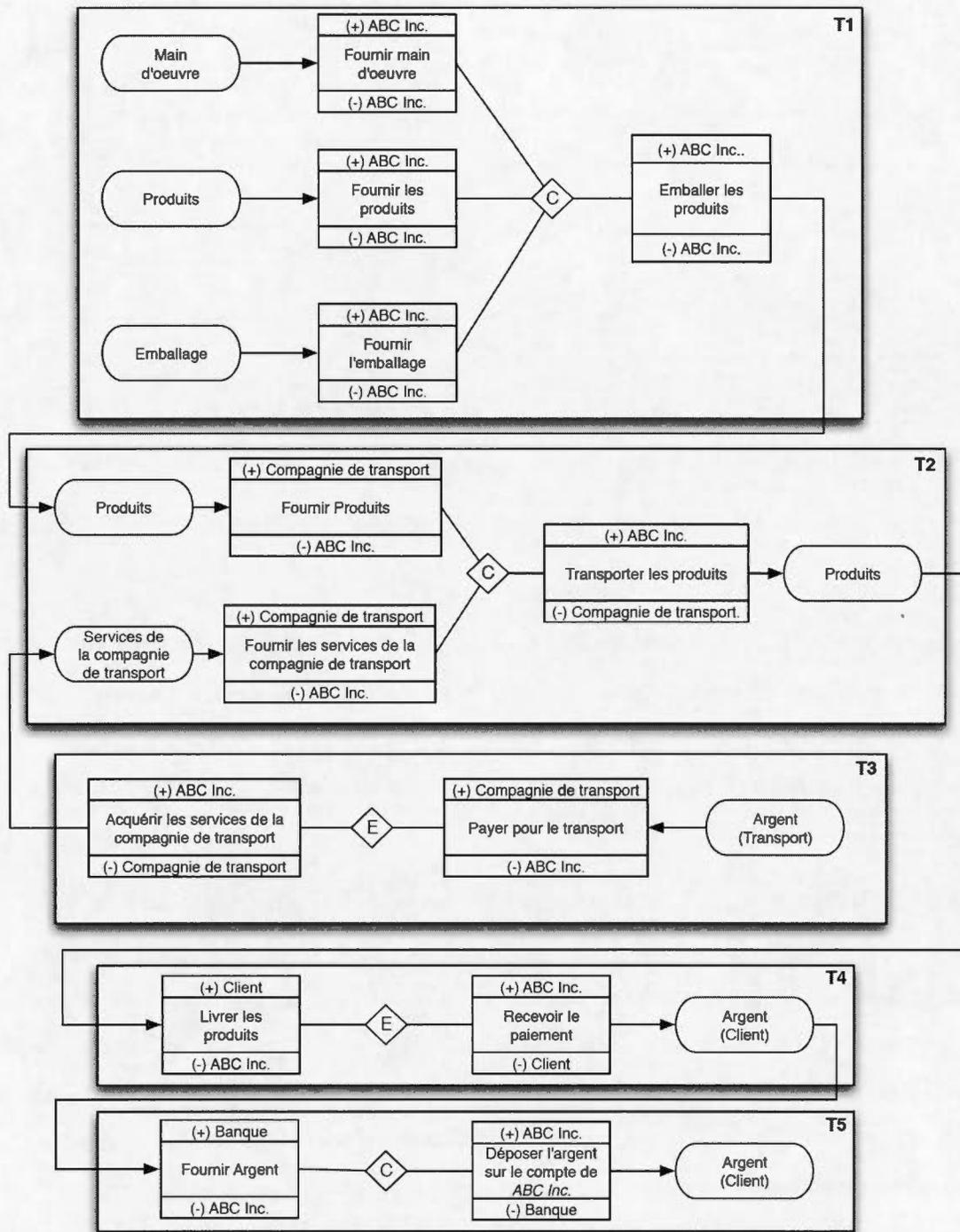


FIGURE 4.7 Chaîne de valeurs du processus de la compagnie ABC Inc.

Tr	Événement	Droit	Propriété
T1	Fournir main-d'œuvre	Main-d'œuvre : Contrôle	Main-d'œuvre : Disponibilité
	Fournir les produits	Produits : Contrôle	Produits : Disponibilité
	Fournir l'emballage	Emballage : Contrôle	Emballage : Disponibilité
	Emballer les produits	Produits : Contrôle	Produits : Disponibilité, Emballé Main-d'œuvre : Existence Emballage : Existence
T2	Fournir Produits	Produits : Contrôle	Produits : Disponibilité
	Fournir les services (...)	Service : Contrôle	Services : Disponibilité
	Transporter les produits	Produits : Contrôle	Produits : Disponibilité, Localisation Services : Existence
T3	Payer pour le transport	Argent : Tous les droits	
	Acquérir les services (...)	Services : Tous les droits	
T4	Livrer les produits	Produits : Tous les droits	
	Recevoir le paiement	Argent : Tous les droits	
T5	Fournir l'argent	Argent : Contrôle	Argent : Disponibilité
	Déposer l'argent (...)	Argent : Contrôle	Argent : Disponibilité, Localisation

Tableau 4.1 Liste des droits transférés et propriétés altérées dans la chaîne de valeurs, figure 4.7.

térature. En effet, la notion de chaîne de valeurs concerne habituellement l'ensemble des processus de l'organisation. Le processus en constitue donc le plus petit élément. Dans notre approche, nous nous proposons de décomposer un processus donné pour considérer sa chaîne de valeurs. Notre unité la plus granulaire est donc l'activité du processus plutôt qu'un processus au complet.

Notons également qu'une chaîne de valeurs REA ne tient pas compte des chemins alternatifs du processus d'affaires. Nous supposons que les processus d'affaires (BPMN) que nous traitons ne comportent pas de chemins alternatifs. Cette hypothèse n'introduit pas de limites à la généralisation de notre approche. En effet, nous pouvons traiter un processus comportant des chemins alternatifs en considérant plusieurs variantes du même processus, et leurs chaînes de valeurs associées, chacune de ces variantes empruntant un des chemins alternatifs possibles.

Nous présentons, dans la figure 4.7, la chaîne de valeurs du processus d'affaires de la compagnie *ABC Inc.* en utilisant la notation proposée dans la sous-section précédente. Nous y avons identifié chaque transaction REA par un identifiant de T1 à T5. Cette

chaîne de valeurs sera utilisée dans la suite de ce chapitre pour illustrer notre approche. Afin d'améliorer la lisibilité du modèle, nous avons volontairement omis de mentionner les propriétés altérées et les droits échangés par les événements économiques du modèle. Nous présentons ces informations dans le tableau 4.1. Ainsi, dans le cadre de la conversion T1, le droit de *contrôle* est transféré par les événements de décrétement en plus d'altérer la *disponibilité* de leurs ressources. L'événement d'incrément *Emballer les produits* rétablit le droit de *contrôle* et la propriété de disponibilité des *Produits*. De plus, il consomme (altère l'*existence*) les ressources *Main-d'œuvre* et *Emballage* et modifie la propriété *emballé* des *Produits*.

En se basant sur la chaîne de valeurs du processus, nous proposons, dans la suite du chapitre, une approche visant à identifier les activités devant être menées afin de compenser le processus d'affaires. Notre approche repose un ensemble de facteurs de compensation que nous proposons et qui déterminent le choix des activités de compensation. Nous dédions la prochaine section à la présentation ces facteurs.

4.2 Les facteurs de la compensation

4.2.1 Sur la notion de facteur de compensation : un exemple

Dans la section précédente, nous avons présenté le cadre REA de McCarthy et Geerts qui nous fournit une vue fonctionnelle du processus d'affaires articulée autour des ressources économiques, des agents économiques et des événements économiques. Les phénomènes économiques prenant part dans le processus sont ainsi exprimés sous la forme de transactions économiques qui regroupent des événements économiques duaux. La chaîne de valeurs du processus, obtenue en combinant les transactions économiques, nous fournit une nouvelle perspective sur le processus d'affaires nous permettant de l'analyser depuis un angle purement métier. Par conséquent, cette vue nous permet de nous abstraire des activités de support sans réelle incidence d'affaires ainsi que des considérations d'ordre technique (ex. : ordonnancement des activités). À partir de la chaîne de valeurs REA, nous tentons d'établir les paramètres qui permettent de guider le choix des activités de

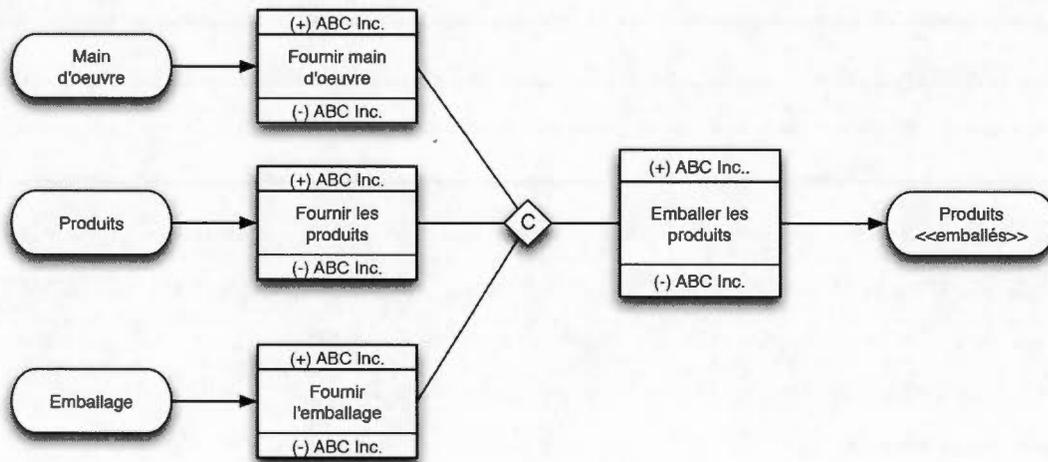


FIGURE 4.8 Conversion liée à l'activité *Préparer la commande*.

compensation pour la compensation d'un processus d'affaires.

Considérons, par exemple, l'activité *Préparer la commande* du processus d'affaires de *ABC Inc.* de la figure 1.1. Cette activité consiste à créer des « produits dans une boîte », à partir d'un ensemble de produits, du matériel d'emballage et en recourant à la main-d'œuvre d'un employé, afin d'en permettre l'expédition. En termes REA, une *transaction REA* de type *conversion* a eu lieu, où les ressources *Produits*, *Emballage* et *Main-d'œuvre* ont été décrémentées et (une variation de) la ressource *Produits emballés* a été incrémentée. Nous présentons cette conversion dans la figure 4.8.

Supposons que, pour une exécution donnée du processus, un problème soit survenu après l'exécution de cette activité et que nous voulions la compenser. Pour renverser l'activité, nous devons annuler ses effets sur les ressources économiques impliquées (les produits, l'emballage et la main-d'œuvre). Pour y parvenir, nous devons déterminer quelles altérations ces ressources ont subies. Notamment :

1. Les produits, initialement sur les tablettes, sont maintenant enfermés dans une boîte ;
2. Un emballage a été consommé et n'est plus réutilisable pour d'autres commandes ;

3. De la main-d'œuvre a été consommée.

Intuitivement, nous pouvons envisager de retourner les produits en stock sur leurs tablettes, moyennant de la main-d'œuvre additionnelle. Cependant, l'emballage et la main-d'œuvre ont été consommés et ne peuvent être rétablis. Cet exemple simple nous permet d'illustrer deux paramètres/facteurs de décision intervenant dans l'identification des activités de compensation : (1) le *type de transaction* et (2) la *réversibilité des ressources*. Chacun de ces facteurs admet un ensemble restreint de valeurs possibles : (1) une transaction peut être soit un échange, soit une conversion et (2) le traitement subi par une ressource peut être réversible ou non-réversible.

Nous avons identifié sept facteurs de compensation, que nous avons classés en deux groupes : les *facteurs de classe* et les *facteurs d'instance*. Les premiers dépendent de paramètres tels que les types d'événements ou de ressources REA, et déterminent si une transaction ou une ressource doit être compensée et *comment*. Les seconds permettent de déterminer, pour une instance d'exécution particulière du processus, *qui* et *combien* compenser. Nous présentons, ci-dessous, les sept facteurs en commençant par les facteurs de classe.

4.2.2 Facteurs de classe

Parmi les facteurs de compensation que nous allons considérer se trouvent ceux qui s'appliquent à toutes les instances (c.-à-d. exécutions) d'un processus d'affaires. C'est pour cette raison que nous les avons appelés *facteurs de classe*, par opposition au *facteurs d'instance* que nous présenterons à la section 4.2.3.

Afin d'établir les facteurs de classe, nous avons considéré un ensemble de processus d'affaires issus de la littérature et des modèles de référence de processus d'affaires dont nous disposons sous multiples formes (BPMN, EPC ou texte) (Curran, Keller et Ladd, 1998; Malone, Krowston et Herman, 2003, par exemple). Pour chacun de ces processus nous avons modélisé la chaîne de valeurs ainsi que le processus de compensation. Ensuite nous avons comparé les modèles de compensation résultants et nous sommes demandés,

pour des chaînes de valeurs comparables, *quelles sont les variations/propriétés de chacun des concepts REA ayant influencé les variations entre les modèles de compensation ?* En d'autres termes, quelles sont les caractéristiques de chacune des transactions, des ressources, des événements ou des agents économiques pouvant influencer la compensation des processus d'affaires ?

Nous sommes parvenus à établir un ensemble de facteurs pour les transactions, les ressources et les événements, que nous présenterons dans les paragraphes qui suivent. Nous avons établi que les agents économiques n'influencent pas la modélisation des modèles de compensation à ce niveau mais plutôt au niveau des instances (voir 4.2.3.2). Nous avons également remarqué que certaines variations ne peuvent s'expliquer simplement par les concepts REA sous-jacents mais sont plutôt des comportements communément acceptés dans un domaine d'affaires ou des choix de politiques d'affaires dont nous discuterons la nature dans le dernier paragraphe ci-dessous. Mais, tout d'abord, nous présentons chacun de nos facteurs de classe. Un exemple décrivant leur application sera présenté à la fin de cette sous-section (paragraphe 4.2.2.6).

4.2.2.1 Facteur : type de transaction

Compenser pour une activité donnée du processus d'affaires nécessite, tout d'abord, d'établir les effets de l'activité en question sur l'état du processus et, particulièrement, sur les ressources économiques impliquées. Comme nous l'avons mentionné dans la section 4.1.3, le cadre REA distingue deux types de transactions : les échanges et les conversions. Ainsi, ce facteur de type de transaction peut prendre l'une de ces deux valeurs. Nous décrivons ces deux types ci-dessous, en commençant par les échanges.

a. les échanges :

Les échanges impliquent le transfert de *droits* entre agents économiques. Un exemple typique est une vente où la compagnie cède tous ses droits sur des produits qu'elle vend et obtient tous les droits sur l'argent de son client. Nous pouvons recenser plusieurs droits échangeables dans les processus d'affaires, dont nous citons notamment le *droit*

à la propriété, le droit d'utilisation, le droit de propriété intellectuelle. Certains droits sont échangés de façon permanente, tandis que d'autres droits sont cédés pour une période déterminée. Dans notre exemple de vente, ci-dessus, les droits sont échangés de façon permanente. Par contre, si nous considérons le cas d'une location, une compagnie cède ses droits d'utilisation et de contrôle (c.-à-d. le droit de détenir en sa possession une ressource économique), et reçoit en contrepartie, tous les droits sur l'argent perçu comme paiement.

Dans notre analyse, nous dissociions tous les droits et ne considérons pas qu'un droit peut en englober un autre. Ainsi, lors d'une vente, ce n'est pas simplement le droit de propriété qui est cédé mais tous les droits relatifs à un produit. Il se peut en effet, que le droit de propriété d'une ressource soit détenu par un agent tandis que le droit d'utilisation de la même ressource soit détenu par un agent distinct (notre exemple sur la location d'équipement en est une illustration).

Pour compenser un échange économique et, par conséquent, rétablir le processus à l'état auquel il se trouvait, il suffit de rétablir les droits à leur état d'origine en récupérant les droits cédés et en retournant les droits acquis. Cependant, comme nous l'avions mentionné dans le paragraphe 4.1.3.1, les deux parties de l'échange (incrément et décrement) ne se produisent pas nécessairement en même temps.

Il y a donc deux cas de figure, selon le moment où le processus s'est interrompu. Soit que (1) les deux parties de l'échange se soient effectuées ou que (2) seulement une des parties ait eu lieu. Nous aborderons cet aspect lié au moment de l'interruption, qui est un des facteurs d'instance que nous présenterons au paragraphe 4.2.3.1. Dans ce facteur, nous chercherons à identifier les événements qui se sont exécutés avant l'interruption et limiter la compensation à ces seuls événements. Cependant, dans le cas d'un échange, il y a des cas où nous ne souhaitons pas renverser l'échange, notamment lorsque le renversement n'est pas possible.

Dans le cas où une seule des parties de l'échange a eu lieu avant l'interruption, nous nous retrouvons dans la situation où l'un des agents a honoré sa part de l'échange, tandis que

l'autre est redevable de sa part. Dans un tel cas, nous devons rétablir l'équilibre au sein du processus en rétablissant les droits cédés à leur détenteur initial. Comme nous le verrons lorsque nous discuterons de la mise en œuvre de nos facteurs (cf. 4.3), si cette opération n'est pas possible car la ressource économique en question a été consommée, une créance économique sera émise en faveur de l'agent détenteur des droits initiaux. Pour résumer, nous estimons que si seule une partie de l'échange s'est produite, les droits doivent être rétablis ou une créance émise.

Dans le second cas, les deux parties de l'échange se sont produites avant l'interruption du processus. Il n'y a donc pas de déséquilibre économique entre les deux agents ayant pris part à l'échange. Compenser le processus d'affaires implique l'annulation de ce qui s'est produit et nous devrions donc renverser les deux parties de l'échange. Cependant, dans certains cas de figure, nous ne pouvons pas le faire, notamment, lorsqu'une des ressources échangées a été consommée et, par conséquent, a cessé d'exister. Considérons par exemple un processus de production où une entreprise achète de la matière première de son fournisseur dans le but de la transformer en un produit fini. Dans le cas où l'interruption survient après que la matière première ait été consommée, il n'est pas envisageable de compenser en récupérant l'argent payé et en délivrant une créance au profit du fournisseur comme remplacement de la matière première consommée. Dans ce cas, nous convenons simplement de ne pas compenser l'échange.

b. les conversions

Dans le cadre des transactions REA de type conversion, nous faisons face à des ressources économiques ayant été altérées, voire consommées, dans le but de produire de nouvelles ressources économiques ou une version modifiée des ressources économiques initiales. Comme nous l'avons évoqué dans le paragraphe 4.1.3.2, dans une conversion nous nous intéressons aux *propriétés* des ressources économiques qui ont été altérées par la transaction REA, plutôt qu'aux droits tel que ce fût le cas pour les échanges.

En compensant une conversion, nous cherchons à rétablir l'état (des propriétés) des ressources économiques à leur état initial. Considérons à nouveau la conversion liée à la

préparation de la commande de la compagnie *ABC Inc.* (figure 4.8). Dans cet exemple, les événements de décrémentation altèrent les propriétés de *disponibilité* des ressources économiques. En effet, une fois la conversion engagée, il n'est plus possible de vendre les mêmes produits à un autre client ni d'utiliser le même emballage pour une autre vente. De même, l'employé qui fournit sa main-d'œuvre pour la conversion ne peut le faire pour une autre commande de façon concurrente. L'événement d'incrément, quant à lui, altère la propriété booléenne *emballés* des produits (ils ne l'étaient pas avant la conversion et le deviennent suite à la conversion). De plus, et tel que nous le mentionnions dans le paragraphe 4.1.3.2, cet événement peut altérer les ressources économiques de décrémentation de sorte que la main-d'œuvre et l'emballage consommés cessent d'exister après la conversion. Compenser cette conversion, en annulant les effets sus-mentionnés, revient à renverser la propriété *emballés* des produits (c.-à-d. déballer les produits) ainsi que rétablir la propriété d'existence de l'emballage et de la main-d'œuvre. Cependant, il n'est pas possible de rétablir la propriété d'*existence*, et donc nous ne sommes pas en mesure de rétablir ce traitement. Dans un tel cas, nous compensons en émettant une créance sur l'altération subie par les ressources économiques. Nous discuterons de ces aspects de réversibilité dans le paragraphe 4.2.2.4.

Avant de présenter le prochain facteur de compensation, qui s'intéressera aux types de ressources économiques, nous attirons l'attention du lecteur sur l'implication des choix d'affaires ayant été faits par l'analyste lors de modélisation de sa chaîne de valeurs. Dans notre exemple sus-mentionné, nous avons fait le choix que la propriété d'*existence* de l'emballage a été altérée par la conversion. Ceci est une décision d'affaires qui dicte qu'un emballage est à usage unique. Nous aurions pu, alternativement, décider que seule la *disponibilité* de l'emballage est altérée par la conversion. Auquel cas, l'emballage peut être rétabli à son état d'origine, ce qui permettrait d'envisager de réutiliser le même emballage pour une commande future.

Nous résumons les règles de compensation issues de ce facteur dans le tableau 4.2.

Type d'échange	Règle
Échange	Cas 1 : Si les deux parties de l'échange ont eu lieu : Si au moins une des ressources a été consommée, ne pas compenser l'échange. Sinon, renverser la transaction.
	Cas 2 : Si seule une partie de l'échange s'est produite : Rétablir les droits de la ressource ou émettre une créance si celle-ci a été consommée.
Conversion	Renverser la transaction.

Tableau 4.2 Règles de compensation pour le facteur : Type de transaction.

4.2.2.2 Facteur : type de ressource économique

Considérons le client d'un supermarché qui achète une boîte de soupe. Cette dernière a une date d'expiration imprimée à son endos. Si ce client se ravise et décide de la retourner, le gérant du magasin pourrait accepter de la reprendre et de le rembourser si le retour a lieu avant que la date d'expiration ne soit échu. Si, au contraire, le client retourne la soupe *après* cette date, celle-ci aura perdu l'intégralité de sa valeur car il ne serait plus envisageable que le gérant du magasin la remette en vente. Cette ressource économique appartient à la catégorie des *ressources périssables* dont la valeur s'annule à une date/instant donné(e). Parmi les autres ressources périssables, nous pourrions citer la réservation d'une chambre d'hôtel ou d'un siège d'avion, des billets de spectacle, ou encore un coupon rabais à utiliser avant une date précise. Si, par contre, une ressource périssable est retournée avant sa date de péremption, le vendeur peut créditer le tout ou une partie de l'achat dépendamment de la difficulté qu'il envisage rencontrer pour revendre la ressource, tant qu'elle conserve encore de la valeur.

Cet exemple simple nous permet d'illustrer l'une des dimensions des ressources économiques qui nous permettent de répondre à deux questions : (1) est-ce que la ressource économique est compensable ? et, si oui (2) l'est-elle entièrement ou partiellement ? En plus de la *périssabilité*, nous identifions, ci-dessous, deux autres dimensions relatives aux ressources économiques. La première, comme la périssabilité, s'intéresse à la variation de la valeur de la ressource économique en fonction du temps. La seconde, quant à elle, s'intéresse à la nature de la ressource.

a. est-ce que sa valeur fluctue ?

Une ressource fluctuante voit sa valeur changer en fonction du temps. La fonction de fluctuation peut être autant monotone croissante ou décroissante, ou non-monotone. En effet, certaines ressources se déprécient en fonction du temps (fonction monotone décroissante). Par exemple, la valeur d'un ordinateur ou d'une voiture diminue avec le temps, nonobstant son usure, simplement du fait de l'avancement technologique ou des modes. Par contre, d'autres ressources voient leur valeur augmenter avec le temps tels que les objets de collection. Finalement, nous retrouvons des ressources économiques dont la valeur est soumise aux spéculations et dont la valeur peut aussi bien augmenter que diminuer avec le temps. Lorsqu'une ressource fluctuante impliquée dans un échange est compensée, nous devons émettre une créance pour la valeur perdue, en plus de rétablir ses droits initiaux.

b. est-ce qu'elle est périssable ?

Tel qu'expliqué plus haut, une ressource périssable perd totalement sa valeur à un instant précis. Outre l'annulation de sa valeur, elle a les mêmes caractéristiques qu'une ressource fluctuante dépréciable (c.-à-d. dont la valeur diminue avec le temps). Pour compenser une ressource périssable, nous devons émettre une créance qui représente la valeur perdue par la ressource en plus de renverser la transaction REA. La valeur de la créance (c.-à-d. valeur perdue) augmente au fur et à mesure que la date de péremption approche de la date de compensation jusqu'à égaler la valeur initiale de la ressource. Si la valeur de la ressource est nulle au moment de la compensation, nous ne devons pas en tenir compte lors du rétablissement de la transaction économique (c.-à-d. seule une créance est émise).

c. est-elle discrète ?

Considérons un client qui pénètre chez sa scierie locale pour acheter une poutre en bois de quatre pieds de long. Cette dernière n'offre que des poutres de huit pieds. Si celui-ci coupe la poutre en deux morceaux de quatre pieds et qu'il se ravise, il ne sera pas en mesure de retourner les deux morceaux. De même, si ce même client avait besoin

Type de ressource	Règle
Fluctuante	Compenser la valeur perdue (resp. gagnée) par une créance (resp. une créance négative).
Périssable	<p>Cas 1 : Interruption après la péremption de la ressource : Émettre une créance sur l'intégralité de la ressource.</p> <p>Cas 2 : Interruption avant la péremption de la ressource : - Rétablir les droits ou annuler l'altération de la ressource. - Émettre une créance sur la valeur perdue.</p>
Discrète	Si l'événement économique est graduel, compenser la quantité altérée. Sinon, compenser normalement.

Tableau 4.3 Règles de compensation pour le facteur : Type de ressource.

de trois poutres de cinq pieds, il devra tout de même acquérir trois poutres de huit pieds et les couper à la taille désirée. Ainsi, les ressources discrètes s'échangent – et se compensent – en unités discrètes, et ce, même si la quantité utilisée se mesure par des mesures continues. Par contre, si nous consommons 5MW d'énergie électrique, nous payons pour seulement cette quantité. Les ressources non-discrètes sont ce que l'ontologie CYC définit comme étant des substances (Lenat et al., 1990). Une substance est une ressource dont les parties, lorsque divisée en deux parties (ou plus), conservent la même nature que le tout.

Nous résumons, dans le tableau 4.3, les règles de compensation relatives à ce facteur.

4.2.2.3 Le type de propriété altérée

Dans le cadre de conversions, les ressources économiques subissent des altérations que nous avons expliquées, dans la section 4.2.2.1, par la modification de *propriétés* de la ressource. En voulant renverser un traitement subi par une ressource donnée, il convient de se demander si ce traitement peut être annulé, moyennant un traitement additionnel, pour rétablir la ressource économique à son état initial ou à un état proche de son état initial. En d'autres mots, nous nous demandons si la propriété altérée par l'événement économique est réversible, non-réversible ou semi-réversible. De plus, si une propriété n'est pas réversible, nous souhaitons établir si sa ressource économique conserve tout de

même de la valeur.

a. est-elle réversible ?

Supposons, aux fins d'illustration, que les produits expédiés par *ABC Inc.* soient des livres. Tel que nous le constatons à travers la transaction T2 de la figure 4.7, les livres commandés sont expédiés au client en recourant aux services de la compagnie de transport. Le transport, qui modifie la propriété de *localisation* des livres, n'affecte généralement pas la condition physique du livre et le livre ne devrait pas subir une perte en valeur suite à ce traitement. Par conséquent, nous considérons que la propriété de *localisation*, dans le cas d'un livre, est une propriété réversible. Compenser un événement économique qui altère une propriété réversible revient à rétablir la propriété à sa valeur initiale. Par contre, si par exemple un livre avait été autographié au nom de l'acheteur dans une encre indélébile avant que celui-ci ne lui soit expédié, il ne serait pas possible de rétablir le livre dans son état original. Dans ce cas, le livre a subi une altération ne pouvant pas être rétablie ainsi qu'une possible perte en valeur dont l'ampleur dépend de la capacité de *ABC Inc.* à revendre le livre à un autre client. Cette perte doit être compensée en émettant une créance.

En plus des propriétés réversibles et non-réversibles, nous considérons également les propriétés semi-réversibles. Une propriété est semi-réversible si son effet est réversible mais, une fois renversé, la ressource économique ne retrouve pas un état identique à celui dans lequel elle se trouvait avant que la propriété n'ait été modifiée. Considérons, par exemple, un fabricant de vélos. Visser une roue sur un cadre de vélo est un traitement facilement réversible, simplement en dévissant la roue. Cependant, celui-ci laisse irrémédiablement les traces du vissage sur les deux pièces de sorte qu'elles ne sont plus dans l'état neuf dans lequel elles étaient avant l'opération. Nous considérons donc la propriété *assemblé* comme semi-réversible. Compenser l'altération d'une propriété semi-réversible revient à renverser la propriété (comme pour les propriétés réversibles) mais aussi à émettre une créance sur la valeur perdue (comme pour les propriétés non-réversibles). Cependant, notons que nous introduisons la semi-réversibilité comme un compromis de modélisa-

tion. En effet, si nous reprenons l'exemple du vélo, nous pourrions considérer que l'acte de visser la roue au cadre altère deux propriétés : l'état *assemblé* ainsi que la propriété d'*intégrité physique*. La première est réversible tandis que la seconde ne l'est pas. Cependant, selon notre expérience, considérer une réversibilité binaire nous force souvent à modéliser à un niveau de granularité trop bas, en considérant des propriétés pas toujours pertinentes aux yeux du modélisateur.

Lorsque nous parlons de réversibilité d'une propriété économique, nous devons considérer également la ressource économique à laquelle l'événement est associé. En effet, prenons, par exemple, le cas d'un propriétaire qui vend son bungalow à un acheteur avec qui il s'est entendu de lui peindre le salon blanc dans l'orange fluo prisé par l'acheteur. Si le processus devait être avorté, prétendre que l'événement ne se soit jamais produit (c-à-d. le compenser) reviendrait à repeindre le salon dans son blanc initial. Si le même acheteur avait également demandé de peindre dans la même couleur la façade en brique de la bâtisse, annuler ce traitement ne pourrait se faire sans affecter irrémédiablement la brique. Ainsi, altérer la propriété *couleur* d'une ressource économique est réversible lorsqu'on s'intéresse aux murs du salon mais ne l'est pas (ou est semi-réversible) dans le cas de la brique.

Ce dernier exemple soulève également la question des choix d'affaires effectués par le modélisateur quant à la réversibilité d'un événement économique. En effet, décider que l'altération de la propriété de *couleur* de la brique soit réversible ou non relève de la décision d'affaires. Il existe, en effet, différentes façons de renverser ce traitement (ex. : pulvériser de l'eau sous pression, utiliser des détergents, etc.) nécessitant des efforts et des moyens plus ou moins conséquents. Ainsi, lorsque nous considérons la réversibilité d'un traitement, il ne s'agit pas de considérer si les lois de la physique le permettent (en supposant disposer de moyens illimités) mais si, à toutes fins pratiques et d'un point de vue d'affaires, il est sensé de renverser un traitement. Ce choix doit être fait par l'analyste d'affaires.

Cependant, en établissant qu'une ressource économique n'est pas réversible, il est pos-

sible que l'altération subie par la ressource économique qui porte cette propriété soit telle que la ressource en elle-même perde toute sa valeur. Ceci soulève la question de l'importance de la propriété au sein de la ressource économique. Nous nous intéressons à cet aspect dans la suite de ce paragraphe.

b. est-elle primaire ou secondaire ?

Il est des propriétés des ressources économiques celles qui déterminent ou, pour le moins, contribuent grandement à l'utilité perçue (par les agents participant au processus) de la ressource économique. C'est le cas par exemple de la *forme* ronde d'une roue de vélo, de l'*élasticité* d'un ressort ou de la *disponibilité* d'un siège sur un vol d'avion. Altérer ces propriétés de façon irrémédiable fait en sorte que la ressource économique associée perde son utilité et sa valeur. Nous regroupons ces propriétés dans la catégorie des *propriétés primaires*. À l'opposé, une *propriété secondaire* ne contribue pas à l'utilité perçue de la ressource, et la ressource économique conserve de la valeur même si la propriété en question a été altérée de façon irréversible.

Comme pour le cas de la réversibilité, présenté ci-dessus, la notion d'importance d'une propriété (c.-à-d. primaire ou secondaire) dépend de la ressource économique en question. Par exemple, la *couleur* est primaire pour un logo (ex. : sur une enseigne) mais secondaire pour une voiture. L'importance d'une propriété est également contextuelle et dépend des agents économiques qui interviennent et qui ont à juger de son importance. Par exemple, l'*intégrité physique* d'un livre est de première importance pour le libraire qui le vend, alors qu'elle est anecdotique pour la compagnie de recyclage qui le transforme en pâte. À nouveau, ceci met en évidence l'importance des choix d'affaires effectués par le modélisateur.

Nous résumons, dans le tableau 4.4, les règles de compensation liées au facteur type de propriété.

	Réversible	Semi-réversible	Non-réversible
Primaire	Rétablir la propriété	(1) Rétablir la propriété; et (2) Émettre une créance sur la valeur résiduelle perdue	(1) Émettre une créance sur la ressource; (2) Supprimer la branche de la chaîne de valeurs enracinée sur la ressource; et (3) Ignorer les autres propriétés altérées.
Secondaire			Émettre une créance sur la valeur résiduelle perdue

Tableau 4.4 Règles de compensation pour le facteur : Type de propriété.

4.2.2.4 Facteur : type d'événement économique

Nous venons de voir que certaines caractéristiques des ressources économiques et des propriétés altérées influencent le processus de compensation. Dans ce paragraphe, nous nous intéressons aux dimensions liées aux événements économiques pouvant affecter les processus de compensation et nous proposons deux sous-facteurs. Le premier concerne les événements économiques dans des conversions et s'intéresse à l'atomicité de l'événement économique ou, en d'autres termes, s'il altère l'intégralité de sa ressource économique de façon immédiate ou si la ressource est affectée de façon graduelle. Le second sous-facteur porte sur les coûts liés à un événement économique et s'applique autant aux échanges qu'aux conversions.

a. est-t-il graduel ?

Considérons le client qui souhaite peindre son salon orange fluo et, pour cela, engage un peintre qui facture ses honoraires à l'heure. Ce dernier a d'abord besoin de mélanger le colorant à un gallon de peinture avant d'entamer le travail de peinture. L'activité (événement REA) de *mélange de la peinture* altère ses ressources économiques en entrée dès le début de l'événement. En effet, il suffit qu'une goutte du colorant soit ajoutée au gallon de peinture blanche pour qu'elle ne soit plus blanche. Par contre, l'action de *peindre le salon*, quant à elle, consomme la *main-d'œuvre* du peintre de façon *graduelle*. Ainsi, si le peintre interrompait son travail à tout moment durant l'activité, il ne sera rémunéré que pour le nombre d'heures travaillées, sauf entente contraire.

Cet exemple illustre la différence entre un événement REA *graduel* d'un événement qui altère ses ressources de façon *atomique* à un moment spécifique durant l'événement économique. Ainsi, dans le cadre d'un événement graduel, la ressource économique est altérée de façon croissante en fonction du temps d'exécution de l'événement. Par contre, un événement atomique peut altérer ses ressources à un instant précis durant l'exécution de l'événement. Ceci peut survenir autant au début, pendant ou à la fin de l'événement. Dans notre exemple où nous mélangeons de la peinture, l'altération atomique se produit au début. Par contre, si nous considérons la livraison d'un produit numérique par Internet en utilisant le format de compression ZIP avec chiffrement, il faut que le destinataire soit en possession de l'intégralité du fichier pour que ce dernier soit réputé livré.⁴

4. Le format ZIP utilise un « Répertoire Central » (*central directory*) qui se trouve à la toute fin du fichier et, sans lequel, il est impossible de le décompresser.

b. a-t-il des coûts ?

Plusieurs activités d'un processus d'affaires impliquent l'utilisation de main-d'œuvre. Théoriquement, une chaîne de valeurs REA devrait représenter la main-d'œuvre comme une ressource économique et mettre en évidence sa consommation via des événements économiques. Cependant, un tel niveau de granularité peut résulter en des modèles étendus et complexes. À ce titre, Geerts et McCarthy soutiennent que les analystes devraient se contenter de modéliser le processus à un niveau suffisant pour « planifier, contrôler et évaluer » le processus (Geerts et McCarthy, 1997). Il n'est pas acquis que comptabiliser la main-d'œuvre, dans *toutes* les circonstances, par des événements économiques dédiés aide nécessairement à planifier, contrôler ou évaluer le processus. Par exemple, dans le cadre du processus de fabrication d'une auto, la main-d'œuvre contribue de façon majeure aux coûts du processus et devrait figurer à titre de ressource économique à part entière dans le processus. Par contre, la main-d'œuvre impliquée pour approuver les factures des fournisseurs de la part d'un employé du département de la comptabilité ne devrait pas recevoir la même importance. Ceci ne signifie *pas* que cette main-d'œuvre devrait être ignorée.

Nous suggérons, à ce titre, d'utiliser un compromis de modélisation en considérant un attribut de *coûts* rattaché aux événements économiques qui agrège toutes les ressources consommées et qui sont considérées de trop bas niveau pour mériter un traitement REA à part entière. Ainsi, si un événement économique complété doit être compensé, nous devons émettre une créance sur les coûts de l'événement économique, en plus des ressources explicitement modélisées. Dans le cadre de notre exemple de la compagnie *ABC Inc.*, nous pourrions considérer les frais de transaction bancaire comme des coûts rattachés à l'événement *Déposer l'argent sur le compte de ABC Inc.* (figure 4.7).

Nous résumons, dans le tableau 4.5, les règles de compensation liées à ce facteur.

Type d'événement	Règle
Graduel	Compenser pour la quantité de ressource ayant été effectivement altérée.
Avec coûts	Émettre une créance sur les coûts de l'événement.

Tableau 4.5 Règles de compensation pour le facteur : Type de transaction.

4.2.2.5 Facteur : politiques d'affaires relatives à la compensation

Revenons maintenant à notre exemple de la compagnie *ABC Inc.* et supposons que le client ait décidé d'annuler sa commande après que le colis ait été expédié. Les facteurs de classe, introduits ci-dessus, déterminent si les produits peuvent être retournés et combien des ressources économiques ont été irrémédiablement altérées ou consommées. Cependant, il demeure que quelques choix sont faits, typiquement guidés par des politiques d'affaires spécifiques à l'organisation ou au domaine d'affaires, et ne peuvent être expliqués par nos facteurs. Notamment, dans notre exemple, nous pourrions faire face aux choix suivants :

1. Est-ce que la compagnie *ABC Inc.* permet le retour des produits commandés ? Et si c'est le cas, sous quelle forme ? Notamment, est-ce *ABC Inc.* remboursera le client sur sa carte de crédit ou va-t-elle lui émettre un crédit en magasin ?
2. Quel montant le client devrait-il être crédité ? Comme nous l'avons vu, l'annulation de la commande implique bon nombre de coûts non-réversibles tels que l'emballage, les frais d'expédition, etc. Il relève de la politique d'affaires de choisir lesquels de ces coûts devraient être imputés, à quel agent participant au processus, et sous quelles circonstances.

Nous percevons les politiques d'affaires comme des paramètres spécifiques à un domaine d'affaires et/ou à une organisation ou des dispositions contractuelles entre des agents participant au processus. Ces paramètres permettent d'affiner le choix de la stratégie de compensation. Ainsi, une politique d'affaires ne change pas la nature d'un événement économique ou le type d'une ressource. Cependant une politique d'affaires peut influencer le choix des activités pour lesquelles l'organisation permet de compenser ou de déterminer

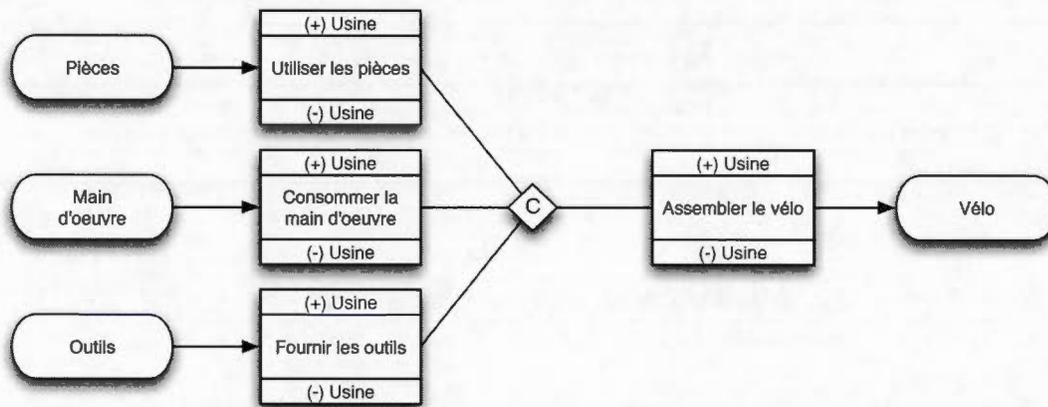


FIGURE 4.9 Exemple de conversion : fabrication d'un vélo.

combien compenser pour une ressource donnée.

4.2.2.6 Exemple d'application des facteurs de classe

Nous allons illustrer l'application des règles issues de nos facteurs par un exemple. Nous allons reprendre notre exemple de fabrication de vélo que nous reproduisons dans la figure 4.9.

Dans le tableau 4.8, nous énumérons les différentes propriétés étant altérées par chacun des événements telles qu'elles ont été définies par l'analyste. De même, nous présentons dans les tableaux 4.6 et 4.7 la liste des événements et ressources, respectivement, accompagnés de leurs types respectifs.

Tout d'abord, pour compenser la conversion, nous devons renverser la conversion tel que le stipule le tableau 4.2. Nous devons ensuite compenser individuellement chacun des événements économiques en appliquant les règles de compensation :

- Utiliser les pièces : cet événement altère la propriété de disponibilité des pièces qui est une propriété réversible, donc nous rétablissons la propriété (passe de l'état

Événement	Type
Utiliser les pièces	Atomique, sans coûts
Consommer la main-d'œuvre	Atomique, sans coûts
Fournir les outils	Atomique, avec coûts
Assembler le vélo	Graduel, sans coûts

Tableau 4.6 Liste des événements de la conversion figure 4.9 accompagnés de leurs types.

Ressource	Type
Pièces	Non fluctuante, non périssable, discrète
Main-d'œuvre	Non fluctuante, non périssable, non-discrète
Outils	Non fluctuante, non périssable, discrète
Vélo	Non fluctuante, non périssable, discrète

Tableau 4.7 Liste des ressources économiques de la conversion figure 4.9 accompagnées de leurs types.

Événement	Ressource	Propriété	Type
Utiliser les pièces	Pièces	Disponibilité	Réversible, primaire
Consommer la main-d'œuvre	Main-d'œuvre	Disponibilité	Réversible, primaire
Fournir les outils	Outils	Disponibilité	Réversible, primaire
Assembler le vélo	Pièces	Assemblée	Semi-réversible, primaire
	Main-d'œuvre	Existence	Non-réversible, primaire
	Outils	Disponibilité	Réversible, primaire
		Usure	Non-réversible, secondaire
Vélo	Existence	Réversible, primaire	

Tableau 4.8 Listes des propriétés altérées par la conversion de la figure 4.9.

- disponible à non-disponible) ;
- Consommer la main-d'œuvre : cet événement altère la propriété de disponibilité de la main-d'œuvre qui est une propriété réversible, donc nous rétablissons la propriété (passe de l'état disponible à non-disponible) ;
 - Fournir les outils : cet événement altère la propriété de disponibilité des outils qui est une propriété réversible, donc nous rétablissons la propriété (passe de l'état disponible à non-disponible) ;
 - Assembler le vélo : cet événement
 - Altère la propriété *assemblée* des pièces qui est semi-réversible. Nous rétablissons la propriété et émettons une créance sur la valeur résiduelle perdue ;
 - Altère la propriété *existence* de la main-d'œuvre qui est non-réversible primaire. Il en résulte que la ressource a perdu toute sa valeur et une créance est émise pour compenser la ressource intégralement. De plus, compte tenu que la ressource n'a plus aucune valeur (n'existe plus), nous supprimons tous les autres événements économiques impliquant cette ressource de la conversion de compensation.
 - Altère la propriété *disponibilité* des outils qui est réversible. Nous rétablissons donc la propriété (passe de l'état non-disponible à disponible).
 - Altère la propriété *usure* des outils qui est non-réversible, secondaire. Une créance est donc émise sur la valeur perdue.
 - Altère la propriété *existence* de vélo qui est réversible. La propriété est donc rétablie.

Nous considérons ensuite les coûts des événements. Seul l'événement *Fournir pièces* a des coûts. Nous émettons donc une créance relativement à ces coûts. Quant aux ressources économiques, aucune n'est fluctuante ni périssable. Ces facteurs n'ont donc aucune implication.

Finalement, nous considérons le facteur *graduel* de l'événement économique *Assembler les vélo*. Ce facteur nous indique que nous devons considérer des altérations graduelles (c.-à-d. quantité en fonction du temps) des ressources économiques. Cependant, ce facteur

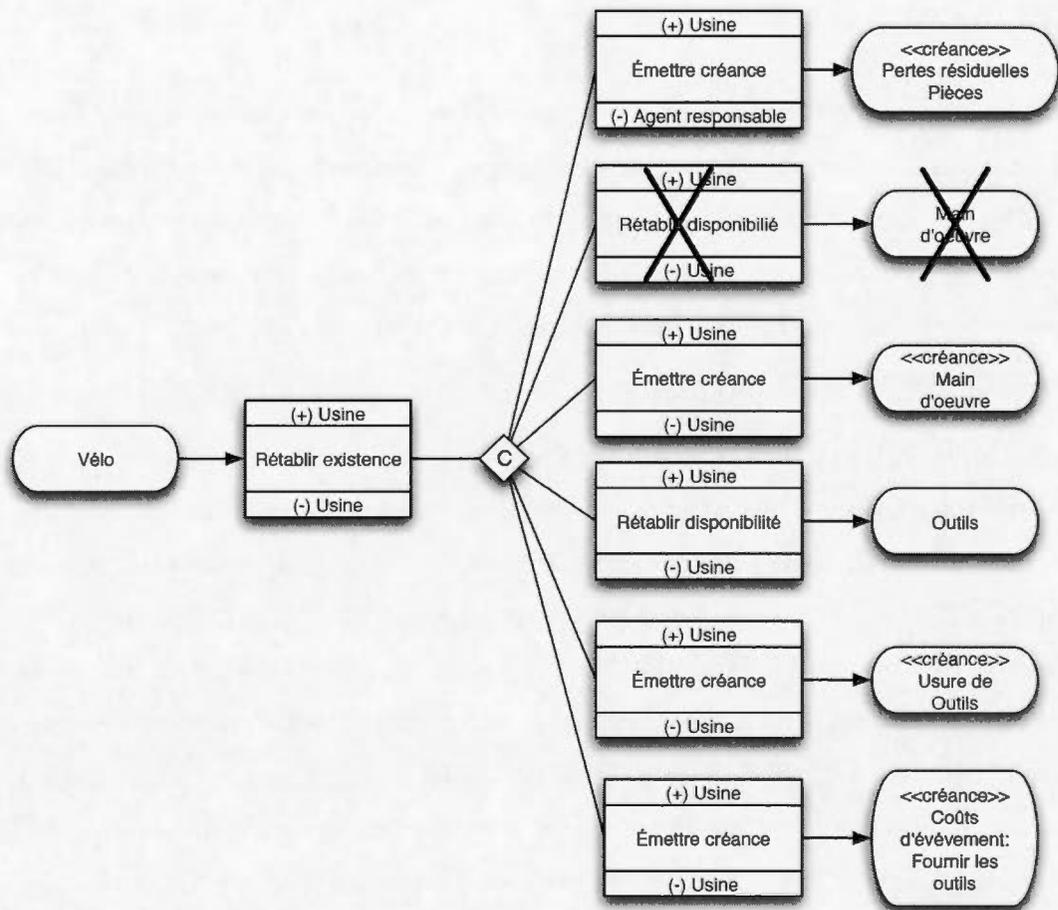


FIGURE 4.10 Modèle de compensation résultant de l'application des règles de compensation sur la conversion de la figure. 4.9

s'applique si l'interruption survient en milieu de l'exécution de l'événement économique. Or, nous n'avons, pour l'instant, aucune indication sur le moment d'interruption de la conversion. L'instant d'interruption est d'ailleurs l'un de nos facteurs d'instances que nous présentons dans la sous-section suivante. Nous illustrons le résultat de la compensation de cette conversion dans la figure 4.10. Les éléments barrés sur la figure sont ceux qui ont été éliminés de la conversion suite à l'application de nos règles.

4.2.3 Facteurs d'instance

Dans la sous-section précédente, nous avons présenté nos cinq facteurs de classe qui permettent d'identifier les activités à entreprendre pour compenser une transactions REA. Des facteurs tels que la réversibilité des propriétés ou la périssabilité d'une ressource nous permettent d'établir si un événement économique peut être renversé, tandis que des facteurs tels que l'atomicité de l'événement économique nous renseignent sur la quantité de ressources consommées.

Cependant, la compensation dépend également de paramètres contextuels relatifs à l'interruption du processus. En effet, si nous considérons à nouveau le processus de la compagnie *ABC Inc.*, nous pouvons concevoir aisément que la compensation du processus serait différente dans le cas où le colis se serait égaré, comparativement au cas où le client aurait annulé sa commande. Dans le premier cas, la compagnie de transport devrait prendre à sa charge le retour ou le dédommagement (éventuellement via sa compagnie d'assurances), tandis que dans le second cas, le client est tenu responsable. Ceci illustre un de nos facteurs d'instance : l'agent responsable. Nous identifions également, ci-dessous, le moment d'interruption du processus comme autre facteur d'instance.

4.2.3.1 Moment de l'interruption

Considérons l'exemple de la compagnie *ABC Inc.* et supposons que le colis ait été livré et accepté mais que le client n'ait ouvert le colis que quelques jours après. Si, à ce moment-là, le client se rendait compte que les produits reçus ne correspondent pas à ceux commandés et qu'une compensation a été déclenchée, nous devons compenser le processus *intégralement*. Par contre, si celui-ci est interrompu avant la livraison, *seules les activités s'étant exécutées doivent être compensées* (le paiement et la préparation de la commande). Considérons maintenant l'exemple du peintre et supposons que le processus avorte durant les travaux de peinture, nous devons compenser les ressources consommées/altérées *durant l'événement de peinture* (main-d'œuvre, peinture utilisée) en plus des activités antérieures du processus.

Pour résumer, l'interruption d'un processus d'affaires peut se produire à tout moment entre le moment où celui-ci est entamé et le moment où il se termine. Dans certains cas, nous voudrions également être en mesure de renverser un processus bien après que celui-ci se soit terminé. Ainsi, il est primordial de connaître l'instant où le processus a avorté :

1. Pour identifier quelles activités se sont exécutées et nécessitent d'être compensées ;
et
2. Pour déterminer la quantité de ressources économiques ayant été altérée durant l'(les) événement(s) qui ont été interrompu(s) dans le courant de leur exécution.

4.2.3.2 Agent responsable

Prenons l'exemple d'un client qui réserve un siège d'avion auprès d'une compagnie de voyages. Si ce dernier décide d'annuler sa réservation une semaine avant son départ, celui-ci s'attendrait à payer de frais d'annulation pouvant aller jusqu'à la totalité du prix payé pour son vol. En effet, tel que nous l'avons vu à travers les facteurs de classe, avorter un processus d'affaires peut impliquer des pertes subies par un ou plusieurs agents économiques impliqués qui donnent lieu à l'émission de créances. Certaines de ces pertes peuvent être absorbées par l'organisation, en l'application de politiques d'affaires, mais d'autres ne le sont pas et seront imputées à l'un des agents.

Le facteur de l'agent responsable édicte que les créances ayant été émises par l'application des règles des différents facteurs de classe doivent être échangées contre une ressource économique et ce, au dépend de l'agent qui aura été identifié comme responsable de l'avortement. D'ailleurs, ceci fait l'objet d'une de nos phases de mise en œuvre de ces facteurs qui concerne le recouvrement des créances (cf. 4.3.3.3).

Une heuristique simpliste pour l'identification de l'agent responsable de l'avortement du processus pourrait consister à considérer :

- L'agent ayant déclenché un événement (au sens BPMN) d'annulation. Par exemple, dans notre processus de *ABC Inc.*, le client ayant annulé sa commande ; ou

- Si le processus a avorté durant un événement économique, l'agent fournisseur de cet événement. Par exemple, la compagnie de transport si le processus a avorté durant l'exécution de l'activité de livraison.

Cependant, nous pouvons facilement imaginer des contre-exemples. Dans le cas de l'entreprise de transport n'ayant pas mené à bien la livraison, nous pourrions imaginer une erreur d'étiquetage lors de la préparation du colis, auquel cas *ABC Inc.* serait en tort. Nous pourrions également envisager que le client ait fourni une adresse erronée ou incomplète (ex. : manque le numéro d'appartement) impliquant que le client serait tenu responsable de l'avortement, et non la compagnie de transport.

Nous estimons que la problématique d'identification de l'agent responsable d'un avortement est une tâche complexe et elle doit être faite suite à l'analyse de plusieurs paramètres dont nous ne disposons pas. Notamment, nous devons exprimer, précisément, quelle erreur a été observée durant le processus. Nous devons également être en mesure de relier l'erreur en question à l'événement (activité) l'ayant causée. En reprenant notre exemple ci-dessus, supposons que l'erreur observée est que la mauvaise étiquette a été collée sur le colis. En étant en mesure d'associer l'erreur à la tâche *Préparer la commande*, nous serons capable d'identifier *ABC Inc.* comme responsable de l'avortement. En effet, cette tâche est sous la responsabilité (elle appartient au processus) d'*ABC Inc.* De plus, nous devons tenir compte de tous les paramètres contractuels liant les différentes parties. Ce n'est qu'à ce moment là que nous serions outillés pour mener cette analyse.

Le chapitre 6 offre un début de réponse à cette problématique en proposant une approche qui permet de réaliser des compensations partielles en identifiant les points de retour possibles dans le processus d'affaires. En effet, cette approche repose sur une analyse de l'erreur causant l'avortement et sur l'expression formelle de la sémantique des activités. Cependant, cette approche nous fournit une solution approchante en sélectionnant un ensemble de points de retour candidats qui ne peut être exploitée, dans l'état, pour identifier le responsable de l'avortement. Cette problématique sera donc étudiée dans nos travaux futurs.

Facteur d'instance	Règle
Instant d'interruption	Ne compenser que pour les événements économiques associés à des activités s'étant exécutées avant l'interruption.
Agent responsable	Tenir l'agent identifié comme responsable des créances émises dans le cadre de l'applications des règles issues des facteurs de classe.

Tableau 4.9 Règles de compensation pour le facteur : Type de transaction.

Facteurs de classe	Facteurs d'instance
Type de transaction <i>échange</i> ou <i>conversion</i>	Moment d'interruption
Type de ressource économique <i>fluctuante ?</i> , <i>périssable ?</i> , <i>discrète ?</i>	Agent responsable
Type de propriété altérée <i>réversible ?</i> , <i>primaire ?</i>	
Type d'événement économique <i>graduel ?</i> , <i>coûts ?</i>	
Politiques d'affaires	

Tableau 4.10 Liste des facteurs de compensation.

Le tableau 4.9 récapitule les règles de compensation relatives aux facteurs d'instance.

4.2.4 Récapitulatif

Dans cette section, nous avons présenté sept facteurs qui déterminent les activités de compensation devant être menées pour compenser un processus d'affaires. Nous avons classé ces facteurs en deux groupes : les *facteurs de classe* et les *facteurs d'instance*. Les premiers sont des facteurs génériques, applicables à toute exécution du processus, et reposent sur une classification des concepts qui constituent une transaction REA (transaction, échange, ressource, propriété et événement). Les seconds s'intéressent à une exécution spécifique du processus d'affaires et tentent d'affiner le résultat obtenu par les facteurs de classe en tenant compte du contexte d'exécution du processus. Nous présentons, dans le tableau 4.10, la liste de nos facteurs et, lorsqu'applicable, la liste de

leurs valeurs possibles.

À travers cette liste, nous avons défini comment analyser chacune des transactions REA d'un processus d'affaires dans le but de les compenser. Il reste à mettre en application ces facteurs afin de produire les transactions REA de compensation et la chaîne de valeurs de compensation globale.

4.3 Opérationnalisation des facteurs de compensation

L'objectif de ce travail est de produire une chaîne de valeurs de compensation, obtenue à partir de la chaîne de valeurs « normale » du processus. Dans la section précédente, nous avons introduit et décrit un ensemble de sept facteurs qui énoncent la logique selon laquelle nous allons produire la chaîne de valeurs de compensation. Dans cette section, nous mettons en application ces facteurs dans le but de produire la chaîne de valeurs de compensation.

Pour y parvenir, nous proposons une approche en trois étapes en supposant que les informations suivantes nous sont fournies en entrée :

- Le modèle du processus d'affaires (BPMN) qui décrit les activités du processus ainsi que les collaborations entre les différentes parties prenantes.
- La chaîne de valeurs du même processus exprimée en REA.
- Les informations d'association, reliant les événements économiques de la chaîne de valeurs aux activités correspondantes du modèle BPMN du processus d'affaires.
- Le point d'interruption dans le processus BPMN à partir duquel nous souhaitons calculer le modèle du processus de compensation ainsi que l'agent économique responsable de l'interruption.

Dans la suite de cette section, nous décrivons les étapes de notre approche. La première est une étape manuelle où l'analyste effectue la classification des différents éléments de la chaîne de valeurs selon les catégories que nous avons identifiées dans nos facteurs de classe (décrits à la section 4.2.2). La seconde étape consiste à instancier la chaîne de valeurs REA en éliminant les transactions n'ayant pas eu lieu au moment de l'interruption du

processus. Finalement, nous construisons le modèle de processus de compensation selon notre algorithme de modélisation de la compensation. Ce dernier repose sur la génération des transactions REA de compensation, selon les règles édictées par les facteurs de compensation, et sur la construction de la chaîne de valeurs globale à la manière de Saga (Garcia-Molina et Salem, 1987).

Afin d'illustrer notre approche, nous reprenons le processus d'affaires de la compagnie *ABC Inc.* (figure 1.1, p.4) accompagné de la chaîne de valeurs REA présentée dans la figure 4.7 et que nous reproduisons dans la figure 4.11 pour plus de commodité. Nous supposons que le client a annulé la commande après la fin du processus, et nous tenterons donc de compenser pour l'exécution complète du processus.

4.3.1 Classification des ressources et des événements économiques

Pour analyser la chaîne de valeurs selon les facteurs de compensation, nous devons disposer d'informations additionnelles sur les éléments de la chaîne de valeurs. Précisément, nous devons être capables d'associer chaque élément du processus aux différentes catégories que nous avons définies dans les facteurs de compensation.

À l'exception du type de transaction REA, qui est explicite dans le modèle, toutes les autres catégories (type de ressource, type de propriété, etc.) sont spécifiques à notre approche et doivent être précisées. Cette tâche est laissée à la charge de l'analyste, qui doit l'effectuer manuellement en répondant à des questions du type : *L'événement <X> est-t-il graduel ou atomique ? Ou la propriété <P> de la ressource <R> est-elle réversible après avoir subi le traitement de l'événement <E> ?*

Nous sommes conscients de la charge additionnelle qui incombe à l'analyste pour classifier les différents éléments du modèle. À ce titre, et pour en limiter l'ampleur, nous proposons les bases d'une approche permettant d'inférer ces propriétés automatiquement et que nous mènerons comme travail futur (cf. 4.5.4).

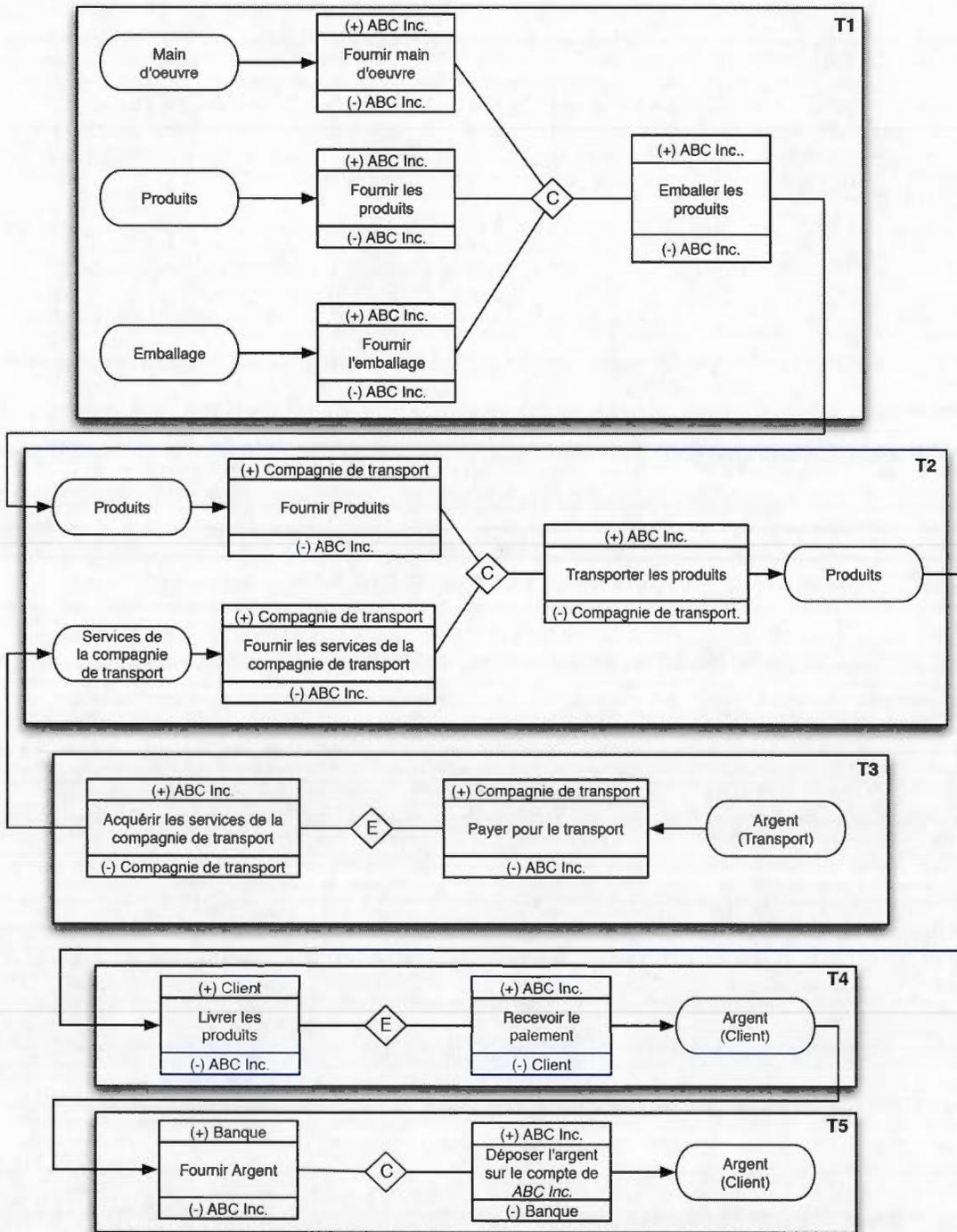


FIGURE 4.11 Chaîne de valeurs du processus de la compagnie ABC Inc.

4.3.2 Instantiation de la chaîne de valeurs

La chaîne de valeurs du processus comprend toutes les transactions devant avoir lieu si le processus s'exécute jusqu'à la fin. Or, lorsque nous souhaitons modéliser le processus de compensation, ce dernier ne doit compenser que pour les activités qui se sont produites avant l'interruption. Ainsi, dans cette étape, nous éliminons de la chaîne de valeurs les transactions qui n'ont pas eu lieu.

Afin d'instancier la chaîne de valeurs, nous avons besoin des informations suivantes :

- Le modèle du processus d'affaires (BPMN) et le point d'interruption dans le processus pour lequel nous souhaitons modéliser le processus de compensation.
- Les liens qui associent chaque événement du modèle REA à l'activité correspondante du processus d'affaires.

Pour instancier la chaîne de valeurs, nous marquons les événements économiques que nous désirons conserver. Tout d'abord, nous parcourons le processus d'affaires BPMN à partir du point d'interruption indiqué en suivant l'ordre inverse du flux de séquences. Nous identifions ainsi les activités s'étant exécutées et nous marquons les événements REA correspondants comme étant réalisés. Ensuite, nous marquons tous les événements qui n'ont pas de liens avec des activités du processus d'affaires. En effet, certaines transactions REA qui se sont produites en dehors des limites du processus d'affaires considéré peuvent être ajoutées par l'analyste pour être prises compte lors de la compensation. C'est le cas, par exemple, de la transaction T3 de la chaîne de valeurs de la figure 4.11. Cette dernière modélise l'acquisition par la compagnie *ABC Inc.* des services de la compagnie de transport. Ces services seront ensuite consommés par la conversion T2, en charge du transport des produits. Finalement, nous éliminons tous les événements économiques non-marqués de la chaîne de valeur.

Dans notre exemple, nous avons considéré le cas où la compensation a été amorcée à la fin du processus. Par conséquent, la chaîne de valeurs instanciée est identique à la chaîne de valeurs présentée dans la figure 4.11. Cependant, dans le but d'illustrer un cas où l'instance de la chaîne de valeurs diffère, considérons le cas où l'interruption se soit

produite durant l'instant qui précède l'expédition des produits. La conversion T2 de la figure 4.11, qui porte sur le transport des produits, est éliminée de l'instance. De plus, les produits n'ayant pas été livrés au client, nous éliminons l'événement économique *Livrer les produits* de l'échange T4. Les transactions restantes sont conservées. Nous présentons le résultat dans la figure 4.12.

En procédant de la sorte, le résultat que nous obtenons ne constitue plus nécessairement une chaîne de valeurs, et ce, pour deux raisons. Premièrement, en éliminant des transactions, nous allons inévitablement casser l'enchaînement des transactions. Deuxièmement, nous pouvons rompre la relation de dualité de certaines transactions REA en éliminant les événements d'incrément ou les événements de décrétement d'une transaction dont les activités correspondantes ne se sont pas exécutées. Toutefois, ceci ne concerne que les transactions REA d'échange car, comme nous l'avons mentionné dans le paragraphe 4.1.3.2, les événements duaux d'une conversion se produisent de façon simultanée. Ces aspects n'auront aucune incidence sur l'algorithme de compensation que nous décrivons dans la sous-section suivante. En effet, comme nous verrons plus bas, notre algorithme considère d'abord chaque transaction de façon indépendante. Or, la rupture de la chaîne aura une influence lorsque nous voudrions propager la consommation d'une ressource économique aux transactions en aval en suivant le flux de ressources. Il en résultera que la propagation n'affectera pas les transactions non chaînées, ce qui est le comportement attendu. Concernant les échanges dont la relation de dualité a été rompue, nous ne compenserons que la partie de l'échange ayant été réalisée.

4.3.3 Composition de la chaîne de valeurs de compensation

À ce stade, nous disposons d'une *instance* de la chaîne de valeurs dont chaque élément aura été classé selon nos facteurs de compensation. Nous procédons à la génération de la chaîne de valeurs de compensation selon notre algorithme qui sera décrit dans le premier paragraphe ci-dessous. Cet algorithme repose sur l'interprétation des facteurs à travers l'application des règles de compensation correspondantes (cf. tableaux 4.2, 4.3, 4.4, 4.5

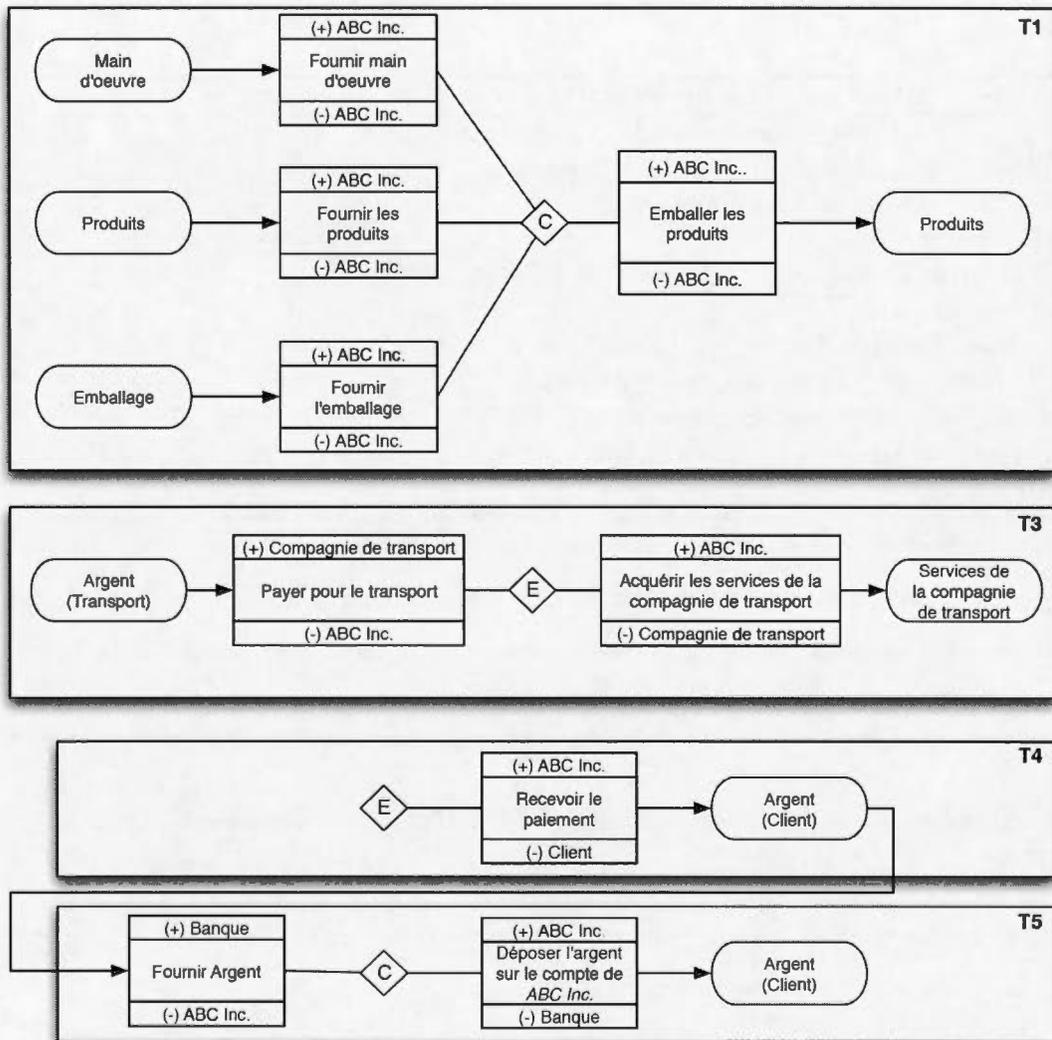


FIGURE 4.12 Exemple d'instantiation de la chaîne de valeurs.

et 4.9). Finalement, nous expliquerons notre mécanisme de recouvrement des créances qui auront été générées par la compensation des transactions REA individuelles.

4.3.3.1 Algorithme de compensation

Algorithme 4.1 : Algorithme de construction de la chaîne de valeurs de compensation.

Données : v : Chaîne de valeurs REA annotée et instanciée

Résultat : cv : Chaîne de valeurs de compensation

```

1  $saga \leftarrow$  la chaîne de valeurs  $v$  renversée;
2  $listeDeCreances \leftarrow \emptyset$ ;
3 pour chaque Transaction REA  $t$  de  $saga$  faire
4   | si  $t$  est une conversion alors
5   |   | pour chaque Événement  $e$  de  $t$  faire
6   |   |   | Rétablir chaque propriété altérée par  $e$ ;
7   |   |   | Appliquer les règles de compensation;
8 recouvrir les créances de  $listeDeCreances$ ;
9 retourner  $saga$ ;
```

Notre algorithme prend comme argument une chaîne de valeurs *instanciée* V (cf. algorithme 4.1). La première étape consiste à renverser la chaîne de valeurs (à la Saga) en renversant chacune des transactions REA (ligne 1). Renverser une transaction REA revient à :

1. Transformer les événement économiques d'incrément en événements économiques de décrétement et inversement.
2. Pour chaque événement, l'agent économique qui en était le *fournisseur* en devient le *receveur*, et réciproquement.

Nous présentons, dans la figure 4.13, le résultat de ce traitement sur la chaîne de valeurs de la figure 4.11.

Ensuite, et après avoir initialisé la liste de créances créées par l'algorithme à la liste vide (ligne 2), nous parcourons les transactions de la chaîne inversée en ne considérant que les conversions (lignes 3-4). Pour chaque événement de la conversion, nous rétablissons les propriétés ayant été altérées par l'événement et lui affectons sa valeur initiale (avant

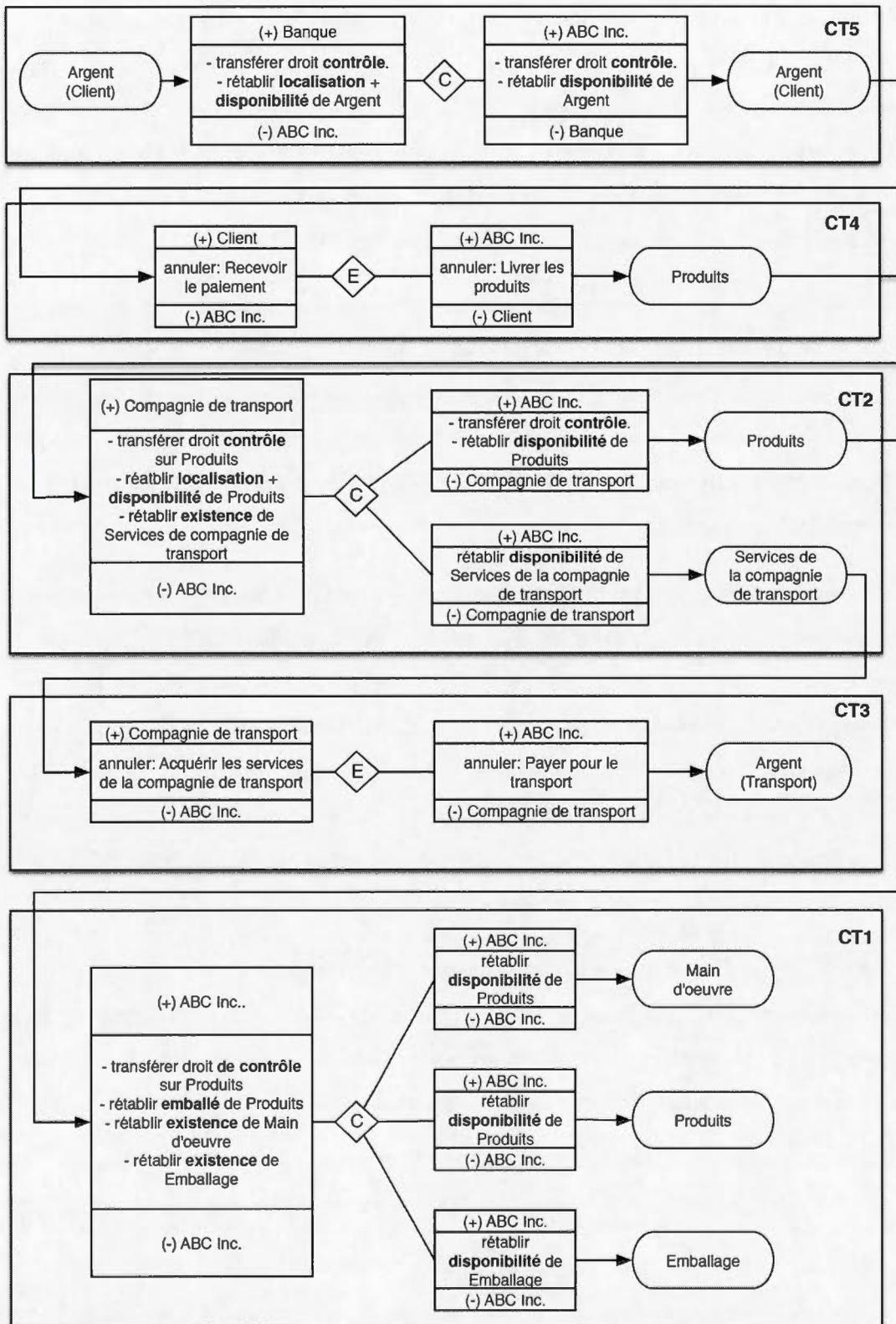


FIGURE 4.13 Renversement de la chaîne de valeurs de la figure 4.11.

l'exécution de la transaction). Nous présentons la chaîne de valeurs résultante, que nous nommerons *saga* dans la suite, dans la figure 4.13. Pour être en mesure de faire référence à chaque transaction de la saga dans ce qui suit, nous avons identifié chaque transaction REA par les identifiants CT1 à CT5. Nous avons préservé le même ordre de numérotation que celui de la figure 4.11. Ainsi, la transaction CT1 de la figure 4.13 correspond à la transaction REA de compensation pour la transaction T1 de la figure 4.11.

Pour mettre en évidence les propriétés qui ont été rétablies, nous renommons chaque événement de la conversion selon l'ensemble de propriétés que l'événement doit rétablir. Par exemple, l'événement économique *Déposer l'argent sur le compte de ABC Inc.* de la figure 4.11, qui modifie la propriété de *localisation* de l'*Argent* (c.-à-d. déplace l'argent sur le compte de ABC Inc.), est renommé en *Rétablir localisation de Argent* dans la figure 4.13 (CT5).

Suite au rétablissement des propriétés altérées par les conversions, nous appliquons nos règles de compensation pour chacune des transactions (ligne 7). Les règles de compensation appliquent les traitements que nous avons décrits dans le cadre de nos facteurs de classe. C'est donc à cette étape que nous éliminons les ressources économiques qui ont été consommées, que nous tenons compte des propriétés irréversibles et que nous émettons des créances pour tenir compte des pertes engendrées. Chaque créance émise sera également ajoutée à la liste des créances précédemment initialisée. Nous décrivons ce traitement dans le paragraphe suivant.

Finalement, la dernière étape de l'algorithme traite le recouvrement des créances (ligne 8). Ce mécanisme, que nous décrivons dans le paragraphe 4.3.3.3, permet d'imputer les créances (pertes) engendrées par le processus (stockées dans la liste de créances) à l'agent économique responsable de l'avortement. L'algorithme se termine en renvoyant la saga résultante (ligne 9).

4.3.3.2 Règles de compensation

Dans le paragraphe précédent, nous avons montré comment nous obtenons la chaîne de valeurs inversée, que nous appelons *saga*, dans laquelle nous avons rétabli les propriétés ayant été altérées par les conversions. Ainsi, à cette étape, nous avons simplement supposé que chaque propriété peut être rétablie à son état original.

Cependant, comme nous l'avons présenté dans la section 4.2.2.3, certaines propriétés ne sont pas réversibles et doivent être compensées par l'émission d'une créance. Prenons, par exemple, la transaction CT2 de *saga* (figure 4.13). L'événement de décrétement de la transaction mentionne le rétablissement de la propriété d'*existence* de la ressource économique *Services de la compagnie de transport*. Or, cette propriété, en plus d'être primaire, est non-réversible car nous ne pouvons revenir en arrière une fois que le service a été consommé. Selon le facteur de compensation du type de propriété altérée, nous devons émettre une créance sur la ressource économique ayant cessé d'exister (voir tableau 4.4). De plus, il n'est plus nécessaire de rétablir les autres propriétés de la ressource (notamment la *disponibilité*). Dans notre exemple, la *Main-d'œuvre* (CT1) ainsi que l'*Emballage* (CT1) sont également compensés par des créances selon le même raisonnement.

Nous appliquons de façon similaire nos autres facteurs, tel qu'illustré dans l'exemple du paragraphe 4.2.2.6. Par exemple, si les *Produits* sont de type périssable et que l'interruption se produit avant la date de péremption, nous devons émettre une créance sur la valeur perdue. Si, toutefois, la date de péremption est échue, la créance doit porter sur toute la ressource économique, celle-ci ayant perdu toute sa valeur. Dans notre exemple, nous appliquons le facteur des coûts d'événement à la transaction CT5 qui sont aussi comptabilisés par une créance. Dans la figure 4.14, nous présentons la chaîne de valeurs de compensation qui résulte de cette étape.

En plus des règles découlant de nos facteurs, nous recourons à deux règles additionnelles qui nous permettent de préserver la cohérence de la chaîne de valeurs de compensation obtenue. La première concerne l'annulation des transactions de compensation si leur(s)

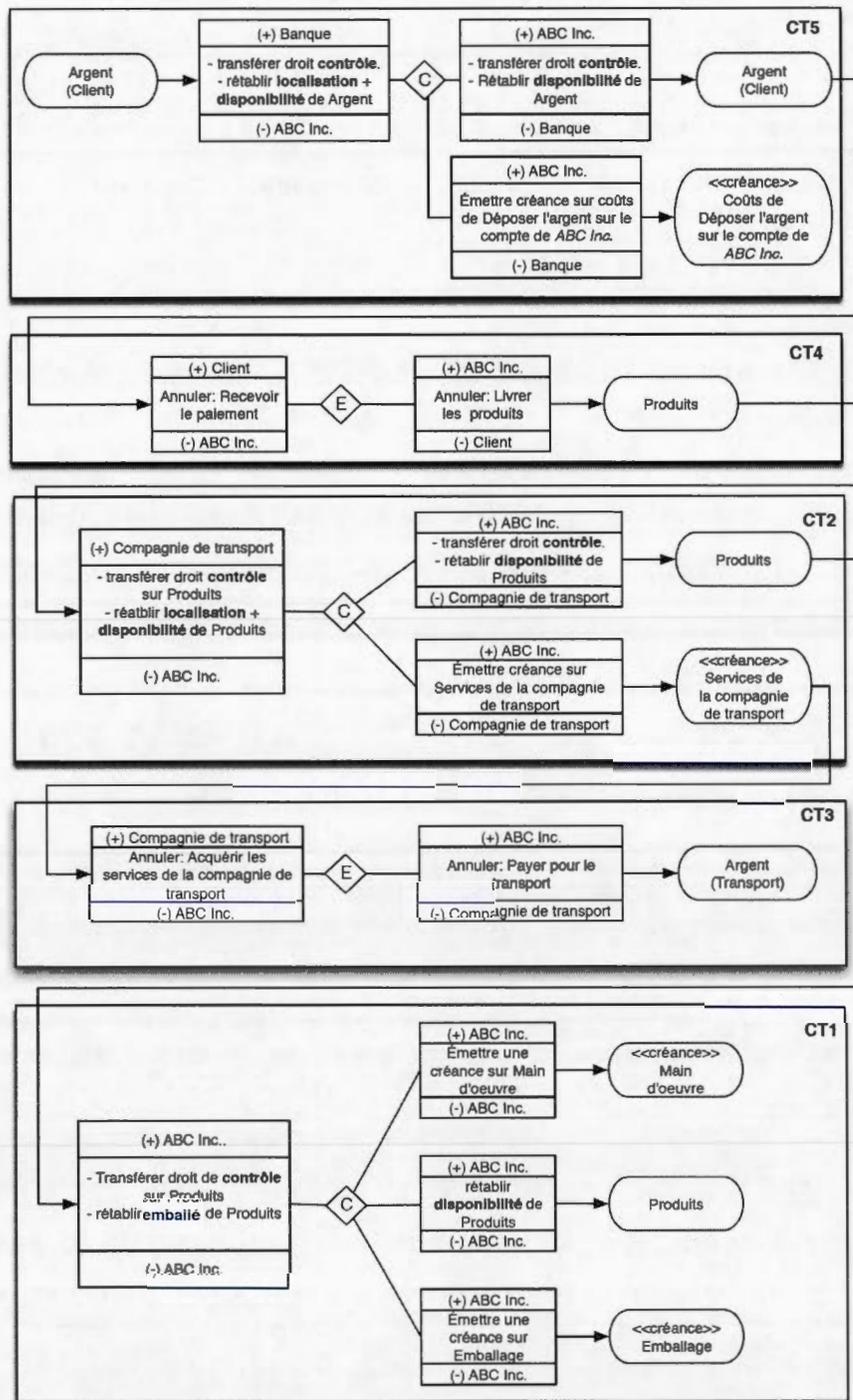


FIGURE 4.14 Saga après l'application des facteurs de compensation.

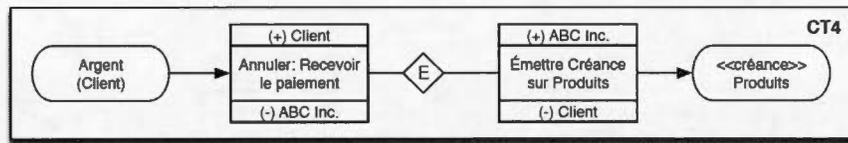


FIGURE 4.15 Émission d'une créance sur Produits.

ressource(s) de décrétement n'existe(nt) plus (compensées par une créance). La seconde s'intéresse au cas où un échange incohérent serait détecté dans la chaîne de valeurs de compensation. Nous décrivons ces deux règles dans ce qui suit.

Annulation des transactions de compensation liées à une créance

Reprenons, à nouveau, l'exemple de la compagnie *ABC Inc.* et considérons, à nouveau, le cas d'exécution où le client annule sa commande après que le processus se soit terminé (cf. saga fig. 4.13). Nous supposons ici que les produits commandés sont périssables et que la compensation ait été déclenchée après la date de péremption.

En considérant la transaction CT4 de la saga et en appliquant le facteur de la ressource de type périssable, nous constatons qu'il est inutile d'annuler la livraison des produits (c.-à-d. récupérer les droits sur les produits) car ces derniers n'ont plus aucune valeur pour la compagnie. Par conséquent, une créance doit être émise tel que l'illustre la figure 4.15. Ceci a pour conséquence que les *Produits* ne sont plus la ressource résultante de la transaction CT4 et, par conséquent, ils ne peuvent plus être les ressources en entrée de la transaction subséquente CT2 (figure 4.13). Ainsi, il n'est plus possible, ni nécessaire, de récupérer les *Produits* (rétablir *localisation*) car la ressource n'existe plus. Nous appliquons le même raisonnement pour la transaction CT1 et nous illustrons le résultat de l'application de cette règle dans la figure 4.16.

Suppression des échanges incohérents

La seconde règle que nous ajoutons aux règles issues de nos facteurs concerne les échanges de compensation et s'intéresse au cas où les deux parties de l'échange (incrément et dé-

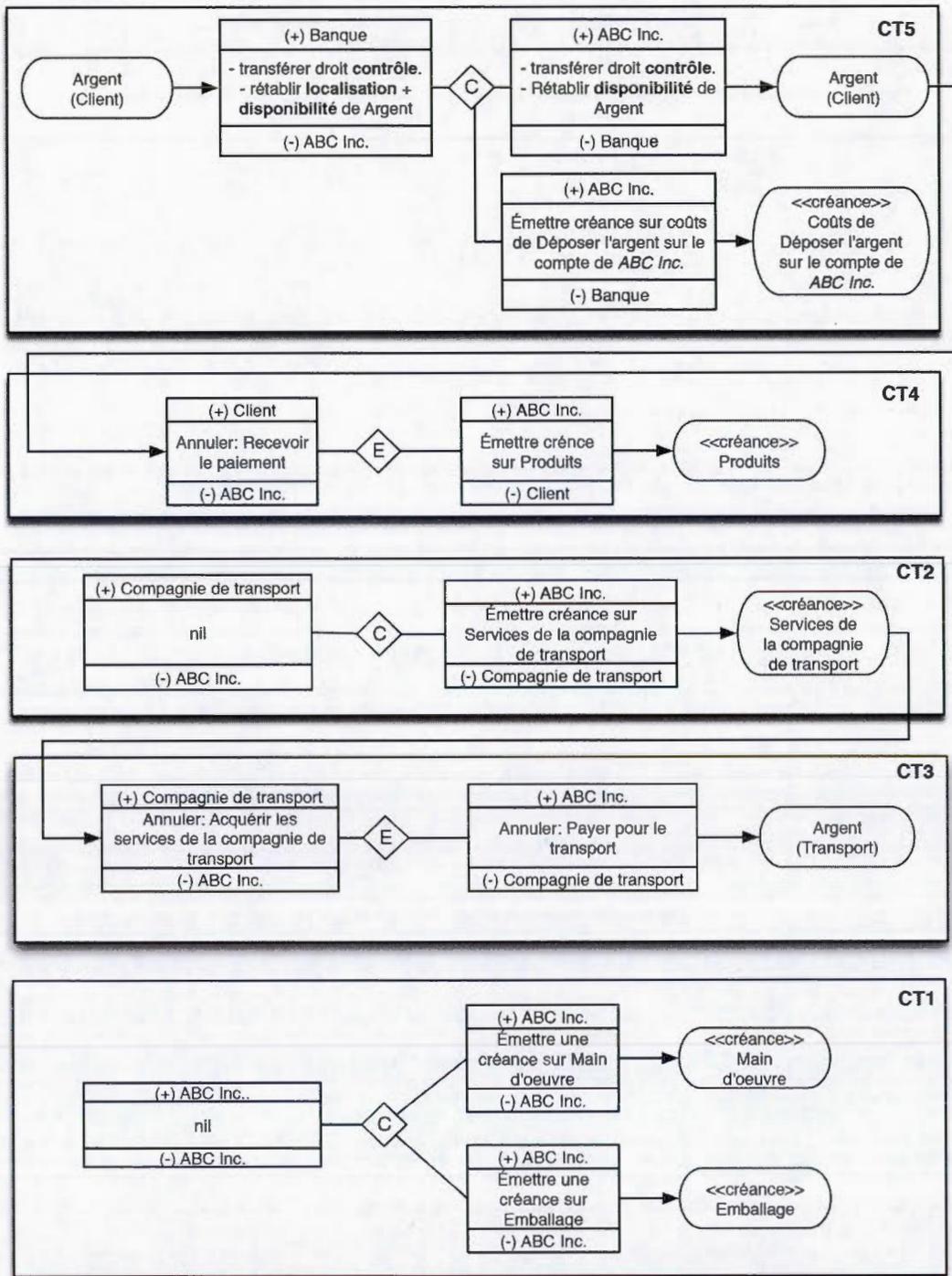


FIGURE 4.16 Règle d'annulation des transactions liées à une créance.

crément) se sont produites dans le processus avant le déclenchement de la compensation. Nous considérons particulièrement les échanges dont une des ressources a été compensée par une créance.

Comme nous en avons discuté dans le paragraphe 4.2.2.1, nous nous retrouvons dans la situation où les ressources prévues à l'échange initial ont bien été échangées et l'équilibre économique relatif à cet échange est préservé. Si nous devions renverser cet échange, une des ressources serait retournée à son propriétaire initial tandis que l'autre, qui a cessé d'exister, serait retournée sous forme de créance. Pour illustrer la situation, considérons une usine qui a acheté de la matière première chez son fournisseur. Cette dernière a consommé la matière première et tente de renverser l'échange : le fournisseur devrait donc retourner l'argent payé par l'usine et cette dernière retourner une reconnaissance de dette (créance) à l'usine portant sur la matière première. Cette situation est incongrue et il serait plus sensé de ne pas renverser l'échange. Par conséquent, nous considérerons dans notre approche qu'un échange complété dont une des ressources a été compensée par une créance dans une transaction en amont de la saga ne doit pas être compensée et doit être éliminée de la chaîne de valeurs de compensation. Dans notre exemple de la figure 4.16, nous éliminons les transactions CT4 et CT3.

4.3.3.3 Recouvrement des créances

Dans la dernière étape de notre algorithme de compensation, nous nous intéressons aux créances ayant été émises dans le cadre de l'application de nos règles de compensation. Rappelons qu'une créance est une ressource économique abstraite qui représente une des ressources économiques ayant été consommées par le processus et ne pouvant plus être récupérée. En d'autres termes, une créance est une dette que l'un des agents économiques participant au processus détient envers un autre, issue d'un déséquilibre dans les transactions REA de compensation. Le recouvrement des créances est le processus par lequel ces créances (dettes) sont annulées.

Comme nous l'avons mentionné dans nos facteurs d'instance (cf. 4.2.3.2), un des para-

mètres que nous devons considérer pour compenser un processus d'affaires est l'agent responsable de l'interruption du processus ou du déclenchement du processus de compensation. Nous considérons que cet agent, identifié par l'analyste, doit prendre à sa charge les créances produites lors de la compensation des différentes transactions du processus. Dans notre exemple, le client a annulé la commande et est donc *le responsable de l'avortement*. Par conséquent, les créances qui ont été émises en application des règles de compensation doivent être imputées au client (service de transport, emballage, main-d'œuvre et frais bancaires).

Pour ce faire, nous ajoutons à la chaîne de valeurs de compensation un échange économique dont les ressources de décrétement sont les créances générées. Ces créances doivent être échangées contre une autre ressource économique permettant de couvrir les créances en question. Cette ressource, typiquement une ressource monétaire, peut être de l'argent, un crédit en magasin ou toute autre ressource jugée convenable par l'analyste. Dans le cadre de notre approche, nous créons une *ressource anonyme*, laissant ainsi à l'analyste la responsabilité de définir la ressource économique opportune.

Ceci conclut la description de notre algorithme de modélisation des processus de compensation et nous illustrons, dans la figure 4.17, le résultat final de notre approche sur la chaîne de valeurs de la figure 4.11 en incluant l'application du recouvrement des créances. Selon la figure, pour compenser le processus d'affaires, le processus de compensation doit comporter les actions visant à :

- Transférer le paiement perçu sur le compte bancaire du client (CT5) et restituer ses droits tout en récupérant les droits cédés sur les *Produits* (CT4) ;
- Récupérer les *Produits* en les retournant à l'entrepôt de *ABC Inc.* (CT2) ;
- Déballer les *Produits* et les rendre de nouveau disponibles pour d'autres commandes (CT1) ; et
- Demander au client de recouvrir les créances émises et qui portent sur les coûts de la transaction bancaire, les frais de transport, la main-d'œuvre et l'emballage (CT6).

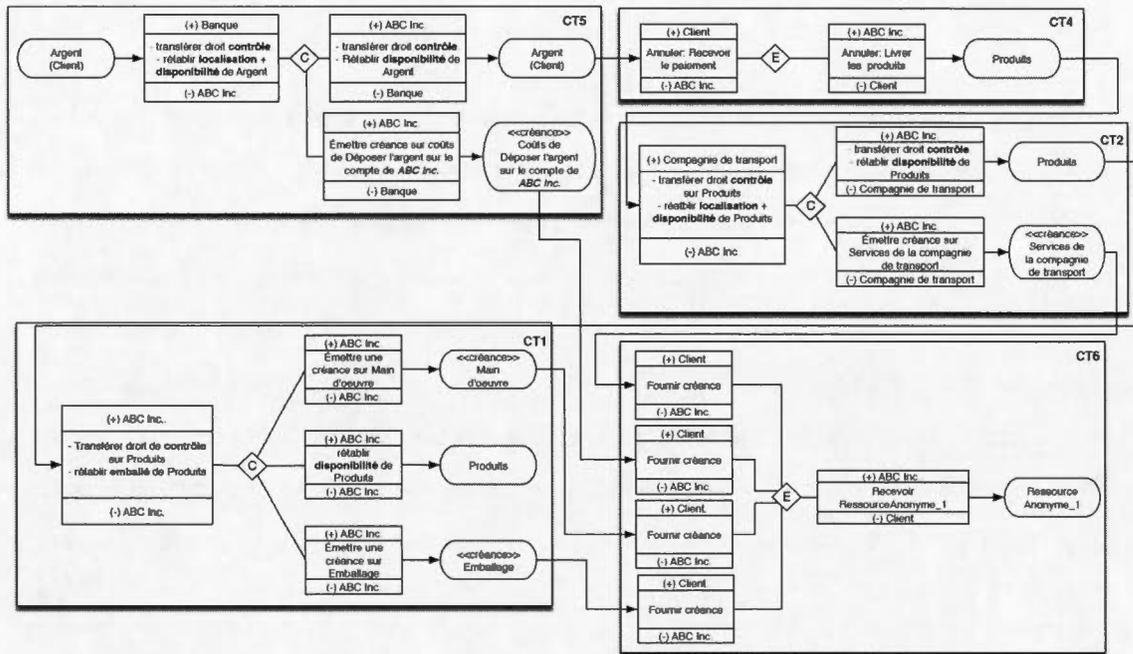


FIGURE 4.17 Chaîne de valeurs résultante de l'application de notre algorithme de modélisation de la compensation.

Dans le but de prouver la faisabilité de notre approche, nous avons implémenté notre algorithme sous forme d'un prototype. Nous décrivons notre implémentation dans la section suivante.

4.4 Implémentation

L'objectif de ce travail est de fournir à un analyste une approche et des outils afin de l'assister dans la modélisation des processus de compensation pour un processus d'affaires. Il a donc été primordial de valider l'application systématique de notre approche en vue de son intégration dans des outils de modélisation. À ce titre, nous avons développé un prototype de recherche implémenté au sein du cadriciel EMF. Nous commencerons par présenter EMF dans la sous-section 4.4.1. Ensuite, nous décrivons notre implémentation du méta-modèle REA. Finalement, nous décrivons sommairement notre prototype dans ses grandes lignes.

4.4.1 Le cadre EMF

Le *Eclipse Modeling Framework* (EMF) est un cadre applicatif (*framework*) en Java développé par la fondation Eclipse (Eclipse Foundation, b), qui permet l'édition de méta-modèles (langages de modélisation) et la génération de code source permettant de manipuler des instances de ce méta-modèle. De plus, à travers sa composante EMF.Edit, il permet la génération d'outils d'édition d'instances du méta-modèle avec une interface graphique générique et des outils d'édition arborescente (*Tree view*). Ce cadre connaît un grand succès autant dans la communauté scientifique que dans l'industrie. En effet, EMF permet l'implémentation d'applications selon l'approche MDA et un grand nombre d'outils MDE/MDA sont implémentés sur cette plateforme (ex. : Outils de modélisation, de transformation de modèles, etc.).

Le cadre EMF est basé sur un méta²modèle appelé ECore qui définit les différents concepts permettant à l'utilisateur de créer ses propres méta-modèles. Ainsi, toute classe définie dans EMF est une instance de la classe EClass. Cette infrastructure, en plus de permettre la génération de code, permet d'offrir un mécanisme de réflexivité offrant des possibilités d'instantiation et de modification dynamique (à l'exécution) des méta-modèles.⁵ Ecore est une implémentation de l'API EMOF (*Essential MOF*), qui constitue le noyau essentiel de l'API MOF.

EMF utilise le format XMI (*XML Metadata Interchange*) comme format canonique pour la sérialisation. Il offre plusieurs options pour la création de modèles : via l'interface de modélisation graphique, en écrivant des interfaces Java, via des schémas XML, ou en important des modèles UML sérialisés à partir d'outils de modélisation (ex. : Rational Rose ou Visual Paradigm).

Tous les outils implémentés dans le cadre de cette thèse ont utilisé le cadre EMF. En plus de nous permettre de conserver une vision claire de notre méta-modèle et une syn-

5. Nous faisons usage de ces techniques dans l'implémentation de notre approche de calcul du périmètre de la compensation (c.f. 6.4.5).

chronisation automatique entre modèles et code source, nous avons pu bénéficier de plusieurs projets développés par la communauté, basés sur le même cadrage dont les méta-modèles BPMN2 (voir chapitre 5) et OCL (voir chapitre 6). Pour notre prototype de génération de modèles de compensation, nous avons utilisé EMF pour définir notre méta-modèle de REA, complété par les paramètres nécessaires à notre approche. Nous décrivons ce méta-modèle dans la sous-section suivante.

4.4.2 Méta-modèle REA

Lorsque nous avons présenté le cadre REA, nous avons décrit son méta-modèle de base incluant les concepts de Ressource, Agent, Transaction, Droit et Propriété, ainsi que leurs associations. Notre implémentation du méta-modèle, illustrée dans la figure 4.18, reprend ces concepts (présentés sur fond gris) que nous complétons par les concepts et attributs nécessaires à l'application de notre approche. Nous décrivons ces ajouts ci-dessous.

Une transaction REA (*REATransaction*, figure 4.18) est une classe abstraite se spécialisant en deux types de transactions : les échanges (*Exchange*) et les conversions (*Conversion*). Pour pouvoir modéliser une chaîne de valeurs, nous avons ajouté une association réflexive ordonnée sur la classe *REATransaction*. Concernant les ressources économiques, nous avons ajouté le concept de créance (*Claim*) qui peut être relié à la ressource qu'elle représente. Alternativement, si la créance est liée à une perte de valeur relativement à l'altération d'une ou plusieurs propriétés, l'association *forProperties* permet de spécifier les propriétés en question. Pour qu'un événement puisse référencer indépendamment une ressource économique ou une créance, nous avons unifié ces derniers sous le concept abstrait d'*objet de valeur* (*Valuable*). Ainsi, chaque événement économique doit obligatoirement être associé soit à une ressource, soit à une créance. Finalement, nous avons explicité les traitements effectués par les événements économiques en associant chaque événement à l'ensemble de transferts de droits (*RightTransfer*) et d'altération de propriétés (*PropertyAlteration*) correspondants.

Pour être en mesure de détecter les facteurs de compensation qui s'appliquent au modèle métier, nous avons ajouté un ensemble d'attributs à chacun des concepts. Par exemple, pour une propriété (*Property*) nous pouvons définir sa réversibilité (*reversible*) et si elle est primaire ou secondaire (*primary*). De plus nous avons ajouté le concept d'instance de processus (*BusinessProcessInstance*). Ce dernier permet de tenir compte de nos facteurs d'instance. Le moment d'interruption est modélisé par la référence *runEvents* permettant de lister l'ensemble d'événements qui se sont exécutés par l'instance du processus. La référence *accountableAgent*, quant à elle, permet d'identifier l'agent ayant été tenu responsable de l'interruption.

Finalement, pour pouvoir générer des modèles de compensation, nous avons regroupé sous le concept *ValueModel* la définition de la chaîne de valeurs du processus (référence *processDefinition*) et l'ensemble de chaînes de valeurs de compensation (*compensation-Processes*). De plus, pour analyser les chaînes de valeurs, nous avons unifié tous les concepts REA sous la classe abstraite *REAConcept*. Ceci nous permet d'itérer sur les éléments d'une chaîne de valeurs et d'encapsuler des traitements sous la forme de visiteurs (*REAConceptVisitor*, cf. 4.4.3).

Ce méta-modèle nous permet de modéliser des chaînes de valeurs REA. Cependant, nous avons également besoin de créer des *instances* de ces chaînes de valeurs, qui représentent une exécution spécifique du processus d'affaires. Par conséquent, nous complétons notre méta-modèle par un second niveau, *le niveau instance*, que nous illustrons dans la figure 4.19.

Aux fins de tests et afin d'être en mesure de créer des modèles de chaînes de valeurs REA facilement, nous avons développé un éditeur graphique permettant de créer des chaînes de valeurs. Cet outil est basé sur la librairie Graphiti,⁶ qui facilite la production d'outils de modélisation basés sur des méta-modèles EMF. Développé pour l'environnement Eclipse, il permet la création de greffons (*plugins*) qui s'exécutent au sein de l'environnement de

6. <https://eclipse.org/graphiti/>, dernier accès le 10-12-2015

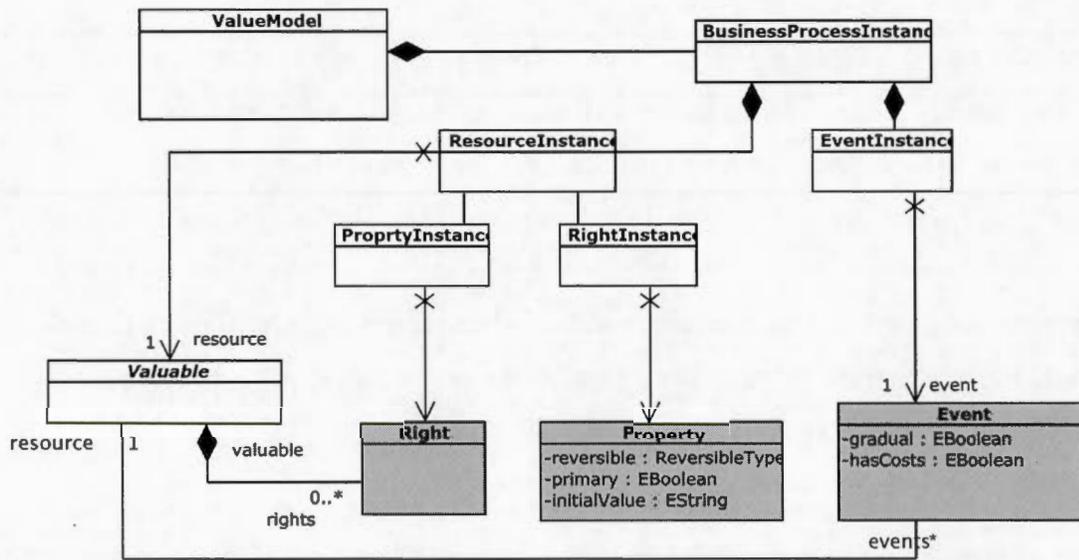


FIGURE 4.19 Méta-modèle REA - Niveau d'instanciation.

travail (*workbench*) d'Eclipse. La figure 4.20 présente une capture d'écran de notre outil de modélisation de chaînes de valeurs. La zone centrale représente la zone d'édition où le modèle est créé graphiquement. La zone de gauche offre la palette d'objets disponibles que l'on peut glisser dans la zone d'édition. Ces objets correspondent aux différents concepts de l'ontologie REA. En plus de générer des modèles encodés en XMI qui sont directement importables par notre prototype, l'outil effectue également la vérification du modèle afin de s'assurer que les modèles soient sémantiquement et syntaxiquement corrects.

4.4.3 Prototype de modélisation de la chaîne de valeurs de compensation

Dans sa forme actuelle, notre prototype de calcul de la chaîne de valeurs est développé sous forme d'une application Java traditionnelle et des classes de type POJO. Cependant, notre approche repose sur l'application d'un ensemble de règles simples. Par conséquent, nous envisageons de la transformer sous la forme d'une application à base de règles, dans l'environnement de Drools (c.f. 5.8) afin d'en faciliter la maintenance et l'évolution.

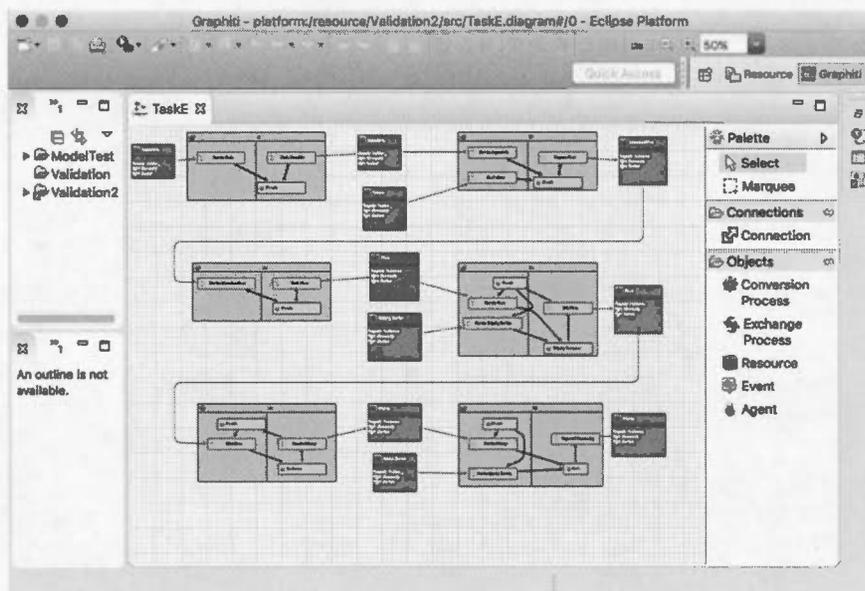


FIGURE 4.20 Capture d'écran de l'éditeur de chaînes de valeurs REA.

Notre implémentation repose sur le parcours de la chaîne de valeurs REA que nous effectuons grâce à des *Visiteurs* (Gamma et al., 1995). Le *Visiteur* est un patron de conception permettant de découpler un traitement (algorithme) de la structure de données sur laquelle il agit. Il permet d'isoler le code stable de la structure de données, tout en permettant l'ajout de traitements (sans affecter la structure de données). Nous avons développé trois visiteurs :

- Le visiteur Saga : qui se charge d'inverser la chaîne de valeurs initiale ;
- Le visiteur de compensation : qui implémente les règles de compensation de notre approche ; et
- Le visiteur de visualisation : qui génère un fichier qui décrit la chaîne de valeurs dans un format texte selon le langage de l'outil *Dot*. Ce programme est un composant de la suite logicielle *open source* intitulée *Graphviz*. Il permet de générer des visuels graphiques de graphes à partir d'une spécification textuelle.

Nous présentons, dans l'algorithme 4.2, les principales instructions permettant de générer le modèle de compensation. Nous commençons par charger une chaîne de valeurs (lignes 1-2) dans le format XMI (elle peut être créée avec notre outil de modélisation).

Algorithme 4.2 : Instructions de notre prototype pour la génération des modèles de compensation (un exemple).

```

1 REAModel rea = new REAModel("myREAModel.rea");
2 ValueModel vm = rea.getValueModel();
3
4 Resource moneySettlement = ReaFactory.eINSTANCE.createResource();
5 moneySettlement.setName("Settlement Resource");
6 vm.getResources().add(moneySettlement);
7
8 GraphVizVisitor gv = new GraphVizVisitor();
9 vm.getProcessDefinition().accept(gv);
10 gv.save("ShippingDeliveryValueModel");
11
12 SagaVisitor saga = new SagaVisitor();
13 vm.getProcessDefinition().accept(saga);
14 vm.setCompensationProcess(saga.getCompensationBusinessProcess());
15
16 CompensationEngineVisitor compensator = new CompensationEngineVisitor(vm,
17     moneySettlement);
18 vm.getCompensationProcess().accept(compensator);
19 rea.save();
20
21 vm.getCompensationProcess().accept(gv);
22 gv.save("ShippingDeliveryValueModel_comp");

```

Ensuite, nous créons une ressource économique qui sera utilisée pour le recouvrement des créances et nous l'ajoutons à la liste de ressources de la chaîne de valeurs (4-6). Les lignes 8 à 10 créent le visiteur de visualisation que nous exécutons sur le modèle REA que nous venons de charger. Par la suite, nous créons la chaîne de valeurs inversée grâce au visiteur Saga (12-13). À partir de la chaîne de valeurs inversée, nous lançons le visiteur de compensation qui effectue le calcul du modèle de compensation (16-18). Finalement, nous produisons la représentation graphique du modèle de compensation en réutilisant le visiteur de visualisation (20-21).

4.5 Discussion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une méthodologie et des outils permettant d'assister les analystes d'affaires dans la modélisation des processus de compensation. Tel

que nous l'avons décrit en introduction de cette thèse, la modélisation des processus de gestion d'erreurs et de compensation monopolisent une part majeure de l'effort de modélisation, quand ceux-ci ne sont pas relégués aux détails d'implémentation. Nous soutenons que, non seulement cette problématique est une problématique métier et non un problème d'implémentation, mais elle doit également être traitée sous un angle métier. À ce titre, notre approche se base sur une abstraction métier du processus d'affaires exprimée sous la forme de chaîne de valeurs dans le cadre de l'ontologie REA.

Notre hypothèse dans le cadre de ce travail est que, devant les différentes façons de compenser pour un même processus d'affaires d'apparence innombrables, nous sommes en mesure d'expliquer une grande partie des décisions prises lors de la modélisation des processus de compensation grâce à un nombre limité de paramètres purement métier. Ainsi, notre principale contribution dans ce chapitre est d'avoir identifié un ensemble de facteurs décisionnels permettant d'établir comment compenser une activité donnée du processus. Nous avons classé nos facteurs en deux catégories : ceux qui s'appliquent à toute exécution du processus d'affaires (facteurs de classe) et ceux qui ne concernent que l'exécution – ou le point d'interruption spécifique – considérée (facteurs d'instance). En nous basant sur ces facteurs, nous avons pu déterminer l'ensemble d'activités qui doivent être menées pour compenser un processus d'affaires donné.

Nous avons également proposé une méthodologie et un cadre de mise en œuvre de notre approche. Pour en valider l'applicabilité de façon systématique, nous avons développé une preuve de concept sous la forme d'un prototype dans l'environnement EMF d'Eclipse.

Bien que plusieurs travaux se soient intéressés à la compensation (cf. 2.2), ils sont tous limités aux aspects techniques de composition et d'exécution des processus de compensation. Au meilleur de notre connaissance, aucun ne s'est intéressé aux aspects métiers de la compensation. Ce travail se propose donc de combler ce vide.

Notre objectif, à travers cette approche, est de fournir une aide au modélisateur en générant, automatiquement, la majeure partie du processus de compensation. Notre approche ne permet pas de s'affranchir du concours de l'analyste, qui doit intervenir

pour configurer, valider et compléter les modèles de processus de compensation produits. Ainsi, à ce stade-ci, notre approche se destine à la phase d'analyse et de modélisation et il n'est pas envisageable de l'utiliser lors de la phase d'exécution. Nous identifions un certain nombre de limites à ce travail. Celles-ci sont essentiellement liées à la précision des modèles de compensation produits et à l'utilisabilité de la méthodologie. Nous passons en revue ces limites dans les sous-sections suivantes.

4.5.1 Limites liées à la perspective métier

Tel que mentionné plus haut, notre approche se base sur une abstraction métier du processus d'affaires, exprimée par une chaîne de valeurs REA. Nous soutenons que cette vue du processus nous permet d'identifier, parmi l'ensemble d'activités du processus d'affaires, les activités importantes et créatrices de valeur pour l'entreprise dont nous devons tenir compte lors de la compensation. Cependant, en filtrant les activités de processus d'affaires de la sorte, nous pourrions ignorer certaines activités qu'il ne faut pas passer sous silence. À ce titre, et bien que notre prétention ne soit pas de produire des modèles de compensation complets, nous estimons que nous pourrions améliorer la précision de notre approche en considérant d'autres perspectives/préoccupations du processus pouvant nous amener à inclure d'autres activités de compensation pertinentes.

Prenons comme exemple l'activité du processus d'affaires de la compagnie *ABC Inc.* qui envoie un message au client quand la commande est expédiée. Supposons également que le processus se soit interrompu suite à une erreur de livraison ayant déclenché une compensation. En pareilles circonstances, le client devrait recevoir un message l'avisant que la commande a été annulée et lui éviter ainsi d'attendre sa livraison indéfiniment. En d'autres termes, nous devrions compenser l'activité qui émet le message d'expédition par une activité qui envoie un autre message contredisant le premier. Cependant, cette activité n'est pas une activité créatrice de valeur et n'implique pas de ressources économiques, selon la définition d'une ressource économique se voulant une entité rare, ayant de la valeur et étant sous le contrôle de l'entreprise. Par conséquent, notre approche de compensation ignorera cette activité car elle sera abstraite par la vue métier que nous

adoptons.

D'autres vues du processus nous permettraient également de raffiner les modèles obtenus selon notre approche. Par exemple, si nous considérons une vue centrée sur les objectifs, certains objectifs non-fonctionnels (*soft goals*) nous permettraient de considérer certaines politiques d'affaires en vue d'ajouter ou d'ignorer des activités de compensation. Supposons, par exemple, qu'un des objectifs soit d'améliorer la satisfaction de la clientèle en permettant les annulations sans pénalités. Cette information nous permettrait d'éliminer la phase de recouvrement de créances de notre approche si l'agent tenu responsable est le client.

4.5.2 Identification du responsable de l'avortement

Nos règles de compensation dépendent, en partie, de l'identification de l'agent responsable de l'avortement. Compte tenu que ce dernier doit également identifier le point d'interruption qu'il considère, ceci a pour conséquence que le nombre de cas dont il doit tenir compte peut s'avérer élevé. Bien qu'il soit nécessaire de connaître le point d'interruption (nous devons savoir pour quoi compenser), nous estimons que nous pourrions calculer le responsable de l'avortement si nous connaissions la cause ayant forcé la compensation. D'ailleurs, l'approche de calcul du périmètre de la compensation, que nous proposons au chapitre 6, s'appuie sur une formalisation de la sémantique des activités et une analyse de la cause d'interruption. Nous pourrions donc étendre l'approche dans le but d'identifier le responsable de l'interruption.

En procédant de la sorte, notre approche permettrait de modéliser des processus de compensation génériques relativement à l'agent responsable (mais toujours spécifiques au point d'interruption) qui seront adaptés au contexte d'exécution selon l'agent responsable identifié. En pratique, nous pourrions produire des processus de compensation dont la partie traitant du recouvrement des créances ne sera associée à un agent qu'après analyse de l'erreur produite.

4.5.3 La prise en charge des chemins alternatifs

Comme nous l'avons mentionné dans la section 4.1.5, notre approche ne tient pas compte des chemins alternatifs du processus d'affaires. En effet, le cadre REA ne gère pas ces aspects et, par conséquent, nous ne pouvons pas modéliser des chaînes de valeurs comportant des chemins alternatifs. Comme nous l'évoquions, ceci ne limite pas le champ d'application de notre approche car nous pouvons transformer un processus d'affaires comportant des chemins alternatifs en un ensemble de processus, chacun empruntant l'un des chemins. Nous n'aurions ainsi qu'à traiter chacun des processus indépendamment.

Cependant, ceci introduit une limite évidente à l'utilisabilité de notre approche. Bien que techniquement l'ajout de la notion d'alternatives dans l'ontologie REA ne pose pas de défi particulier, nous estimons qu'elle pose un problème fondamental au niveau de la sémantique du modèle. Pour illustrer le problème, considérons un modèle BPMN de vente qui présente plusieurs alternatives de livraison des produits (par exemple : par voie aérienne ou terrestre selon la destination). Ces alternatives sont pertinentes d'un point de vue opérationnel, mais ne le sont pas du point de vue du modèle métier. En effet, peu importe le transporteur, ce sont les mêmes traitements qui sont appliqués aux produits expédiés et le même type de services consommés. Ceci soulève donc la question de *comment distinguer une alternative métier d'une alternative purement opérationnelle* ? Nous considérons cette question comme faisant partie de nos travaux futurs.

4.5.4 Faciliter la classification des ressources et des événements économiques

Tel que nous l'avons décrit dans la sous-section 4.3.1, une des étapes de notre méthodologie consiste à classer les éléments de la chaîne de valeurs REA selon les critères définis par nos facteurs de compensation. Ainsi, et sans égard aux règles d'affaires, l'analyste doit identifier pour chaque transaction REA les types de ressources, les types de propriétés altérées par les conversions et les types d'événements. Par exemple, pour appliquer notre approche dans le cas de la compagnie ABC Inc, il est nécessaire de déterminer si les produits sont périssables ou fluctuants, de leur assigner une propriété de *localisation*, de

définir la localisation comme étant la propriété étant altérée par l'activité de transport des produits, etc. Pragmatiquement parlant, il paraît évident qu'une telle tâche requiert des efforts importants et qui sont, de surcroît, contre-productifs lorsque nous considérons notre objectif qui consiste à offrir un support à l'analyste dans la modélisation des processus de compensation.

Cependant, nous estimons que nous serions en mesure de réduire l'ampleur de cette tâche en tirant profit de la réutilisation et des techniques d'inférence qu'offrent les ontologies. En effet, prenons l'exemple d'une boutique d'électronique qui vend des ordinateurs et des films sur DVD. Tous deux sont des produits pouvant être livrés. Ils ont donc une *localisation*, contrairement à de l'électricité par exemple. Par contre, nous pouvons facilement retourner un ordinateur en magasin, même si la boîte a été ouverte. Mais un DVD dont le scellé est brisé ne peut plus être retourné. Ainsi, aux yeux de la boutique, le DVD a été *consommé* dès que le scellé a été brisé, tandis que l'ordinateur a tout simplement vu sa boîte altérée (i.e. l'une de ses propriétés). Ainsi, nous estimons qu'il est possible de regrouper, au sein d'une même classe, les ordinateurs et les DVD ou tout autre ressource ayant une *localisation* (ex. : les tangibles), tout en étant en mesure de spécifier qu'autant les ordinateurs et les DVD ont des caractéristiques qui les distinguent (donc se classent aussi dans des classes distinctes).

Dans la conclusion de cette thèse (c.f. 8.2.2.1), nous étayons davantage nos idées et formulons quelques propositions que nous comptons considérer dans nos travaux futurs.

4.5.5 Génération (semi-)automatisée de la chaîne de valeurs

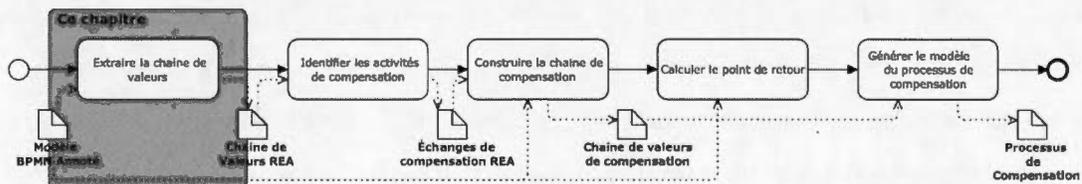
Nous avons décrit, dans la sous-section précédente, nos pistes de solutions qui nous permettraient de faciliter l'annotation des ressources économiques et des événements. Ce travail que nous nous proposons de mener dans le futur a pour but (1) de limiter l'effort requis pour la mise en œuvre de notre approche, (2) d'améliorer l'utilisabilité et (3) de permettre une application systématique qui limite les risques d'erreurs et garantit une application cohérente au sein de l'organisation.

Dans le chapitre suivant, nous nous intéressons à réduire l'effort nécessaire pour l'utilisation de notre approche en supportant l'analyste dans la construction de la chaîne de valeurs du processus d'affaires. En effet, et comme nous l'avons vu tout au long du chapitre, notre approche se base sur une abstraction métier du processus d'affaires que nous modélisons sous la forme d'une chaîne de valeurs que nous avons considérée comme étant donnée. Par conséquent, une amélioration notable de l'utilisabilité de notre méthodologie consisterait à fournir une aide à l'analyste en automatisant la construction de la chaîne de valeurs. C'est ce que nous proposons à travers notre approche d'extraction de la chaîne de valeurs.

CHAPITRE V

EXTRACTION DE LA CHAINE DE VALEURS

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté notre approche pour générer les chaînes de valeurs de compensation en nous basant sur les facteurs de compensation que nous avons proposés. Pour y parvenir, nous avons basé notre analyse sur une vue métier du processus d'affaires en utilisant l'ontologie REA comme cadre conceptuel. Cependant, nous avons présumé de la disponibilité de la vue REA du processus d'affaires, ce qui introduit une limite importante dans l'utilisabilité de notre approche. Dans ce chapitre, nous proposons une approche transformationnelle et semi-automatisée pour construire la vue REA à partir de la vue dynamique (BPMN) du processus d'affaires. Pour y parvenir, nous nous basons sur un ensemble de motifs que nous classons en deux catégories : des motifs structurels et des motifs comportementaux. Les premiers permettent d'associer une configuration du processus d'affaires à un ensemble de transactions REA. Les seconds proposent de raffiner le résultat obtenu par les motifs structurels en tirant profit de la séquence d'exécution du processus BPMN. Ce chapitre s'organise comme suit. Tout d'abord, nous commencerons par énoncer les différentes motivations et champs d'application de ce travail, puis nous passerons en revue la littérature pertinente. Ensuite, et après avoir donné un aperçu de notre approche (5.3), nous expliquerons comment nous parvenons à associer des éléments du modèle BPMN à des transactions REA et présenterons nos motifs (sections 5.5 et 5.6). À partir de ces transactions, nous construisons une chaîne de valeurs REA globale, ce que nous détaillerons dans la section 5.7. Finalement, nous présenterons notre implémentation, dans la section 5.8, avant de conclure.



5.1 Motivations

Avant de rentrer dans les détails de notre approche de construction de la chaîne de valeurs (REA) à partir d'une vue dynamique du processus d'affaires (BPMN), nous aimerions en analyser le potentiel et les implications possibles. En effet, et bien que notre motivation première, à travers ce travail, fût de produire les entrées de notre approche de compensation présentée au chapitre 4, plusieurs autres champs d'application pourraient également être considérés.

Un modèle métier est une conceptualisation d'un processus d'affaires qui utilise des concepts purement métiers tels que les ressources économiques, les agents économiques et les activités (événements) économiques. Il permet aux gestionnaires de « capturer, comprendre, communiquer, concevoir, analyser et modifier la logique métier de leurs firmes »¹(Osterwalder, Pigneur et Tucci, 2005). Ainsi, le modèle métier et le modèle (dynamique) de processus d'un même processus d'affaires donnent deux perspectives du même processus. En effet, la vue dynamique se concentre sur les aspects d'ordonnement (le *comment*) et d'affectation (le *qui*) des activités du processus. La vue du modèle métier, quant à elle, met en évidence les ressources économiques impliquées (le *quoi*) et vise à justifier le traitement subi par les ressources (le *pourquoi*).

Bien qu'au niveau opérationnel, la vue dynamique décrive généralement les aspects essentiels du processus, des auteurs tels que Pitschke *et al.* (2011) et Gordijn *et al.* (2000) soutiennent que la logique d'affaires ne doit pas être négligée par les analystes. En effet, la gestion des processus d'affaires est en soi un processus itératif où les processus modélisés sont constamment analysés et revisités, par exemple, pour améliorer la productivité ou répondre à de nouveaux besoins du marché. Nous devons donc nous assurer que les changements aux processus en place ne dévient pas des objectifs métier de haut niveau. Ainsi, nous devons préserver une concordance entre les modèles (stratégiques) d'affaires et les modèles de processus (opérationnels/dynamiques) d'affaires. Préserver

1. traduction libre.

cet alignement entre les modèles peut être réalisé de trois manières : (1) en propageant les changements manuellement entre les différentes vues, (2) en comparant les points communs entre les deux modèles ou (3) en générant une vue depuis une autre vue du processus. La première option, plus précise, présente un nombre évident de désavantages en termes de mise à l'échelle et de risques d'erreurs. La seconde approche ne permet que d'obtenir une approximation grossière de l'alignement et les faux négatifs ou positifs sont fréquents (Pijpers et Gordijn, 2008). La dernière approche, bien qu'elle ne fournisse également qu'une approximation, permet d'automatiser la vérification des alignements avec une meilleure précision. Cependant, à ce jour, cette approche n'a été considérée que pour déduire le modèle dynamique à partir du modèle métier. Le présent travail vient ainsi combler ce manque.

Au delà de la ré-ingénierie des processus, cette approche peut être utilisée dans différentes disciplines liées à l'analyse des processus d'affaires. Par exemple, dans les domaines de la surveillance des processus d'affaires (*Business Activity Monitoring, BAM*) ou du forage de processus d'affaires (*business process mining*), des connaissances sur la logique d'affaires sont utiles pour la détection, en temps réel, ou le diagnostic *a posteriori* des divergences du processus par rapport aux objectifs établis (Maggi et al., 2013; De Medeiros et al., 2007). D'autres approches, qui reposent sur une vue métier du processus, peuvent également bénéficier de ce travail. Par exemple, Leshob et ses collègues (Leshob, Mili et Boubaker, 2014) ont proposé une approche de spécialisation des modèles de processus d'affaires à partir d'une version générique. La spécialisation s'appuie sur des points de variation obtenus à partir du modèle métier (REA) du processus. Notre méthode permettrait ainsi de réduire le nombre d'entrées requises pour l'application de leur approche.

Bien qu'au meilleur de notre connaissance, cette problématique n'ait pas été traitée dans la littérature, des approches portant sur des problèmes semblables ont été proposées. Il convient donc de les passer en revue, ce que nous faisons dans la prochaine section.

5.2 Travaux connexes

De façon générale, ce travail s'inscrit dans le contexte de la transformation de modèles et, plus spécifiquement, la transformation de modèles par ingénierie inverse (Czarnecki et Helsen, 2003). L'ingénierie inverse est définie par Demeyer et ses collègues (2002) comme étant « le processus d'analyse d'un système pour (i) identifier les composants du système et ses inter-relations et (ii) créer une représentation du système sous une autre forme ou à un plus haut niveau d'abstraction » (Demeyer, Ducasse et Nierstrasz, 2002, traduction libre). En effet, ce travail vise à transformer une représentation *opérationnelle* du processus d'affaires en une vue métier du même processus. Au meilleur de notre connaissance, il n'existe aucune approche concordant avec cet objectif dans la littérature, bien que plusieurs auteurs se soient intéressés au problème inverse, à savoir, générer un modèle de processus d'affaires à partir d'un modèle métier. Nous donnerons un aperçu de ces travaux dans ce qui suit. D'autres se sont également penchés sur la problématique de la cohérence et l'alignement entre les deux types de modèles. Cet aspect étant également l'une des motivations de ce travail, nous passerons en revue les principales approches ayant été proposées.

5.2.1 Extraction des modèles de processus d'affaires depuis le modèle métier

Andersson et ses collègues (2006) ont proposé une approche systématique basée sur une bibliothèque de motifs pour générer un modèle de processus d'affaires à partir d'un modèle métier. Leur méthode consiste à étendre le modèle métier en entrée pour y expliciter les transferts de contrôle sur les ressources et ce qu'ils appellent documents de preuves (*evidence documents*). Ensuite, un ensemble de (sous-)processus est identifié en se basant sur les phases transactionnelles de Open-EDI (planification, identification, négociation, actualisation et post-actualisation). Leur dernière étape consiste à sélectionner les processus d'affaires depuis une bibliothèque de patrons de processus d'affaires en se basant sur les (sous-)processus identifiés et un ensemble de paramètres tels que le type de ressources impliquées et les objectifs des acteurs. Les auteurs ne mentionnent pas si les deux

premières étapes de leur approche peuvent être automatisées (en tout ou en partie).

Le même problème a également été considéré par Wieringa et ses collègues (2008) en se basant sur ce qu'ils ont appelé les *modèles de livraison physiques* (*physical delivery models*). Leur principal argument consiste à dire que, bien que les chaînes de valeurs (*value models*) exhibent le flux de valeurs entre acteurs du processus d'affaires, la livraison effective des objets de valeurs (*value objects*) ne suit pas nécessairement le même itinéraire. Par conséquent, ils proposent un cadre de travail, manuel, qui commence par la modélisation du modèle de livraison physique associé à un modèle métier. Le modèle de coordination du processus d'affaires est ensuite produit à partir de ce modèle de livraison.

Plus récemment, Fatemi et ses collègues (2010) ont analysé et énuméré les différentes interactions entre les acteurs de processus d'affaires dans le but de générer un modèle de processus en BPMN à partir d'un modèle métier exprimé selon le formalisme e³value (Fatemi, van Sinderen et Wieringa, 2011). À ce propos, ils proposent une taxonomie d'interactions entre acteurs qui inclut six classes, à savoir les interactions : simples/directes, planifiées, directes avec arrangements, partielles, indirectes et combinées. Ils s'en remettent à l'analyste d'affaires pour effectuer la classification des interactions entre les acteurs de son processus ainsi que spécifier l'instigateur de chaque interaction. Ensuite, les interactions étant identifiées, ils génèrent une collaboration BPMN en transformant les interactions, selon leur type, en un ensemble d'échanges de messages. La collaboration est ensuite complétée par ce qu'ils appellent des *activités administratives* telles que les événements de début et de fin, les activités de journalisation, messages de confirmation, etc.

5.2.2 Transformation et alignement de modèles

Dans cette section, nous nous intéresserons aux travaux qui traitent l'alignement entre les modèles de processus d'affaires et les modèles d'affaires en ayant recours à la transformation de modèles. Particulièrement, nous nous intéressons aux travaux de Pijpers et

ses collègues (2008) qui, eux-mêmes, étendent un travail ayant été proposé initialement par Zlatev *et al.* (2005).

Leur approche est basée sur une réduction du modèle métier et du modèle de processus d'affaires à un méta-modèle commun. Ce méta-modèle comporte deux principaux concepts : les *unités d'affaires* (*business units*) et ce qu'ils appellent les *objets de valeurs communs* (*common value objects*). Les associations entre ces deux concepts représentent des transferts d'objets de valeurs communs de/vers les unités d'affaires. Cette réduction leur permet, par la suite, d'estimer l'alignement entre le modèle de processus d'affaires et le modèle métier en mesurant la distance entre les deux transformations.

D'autres approches d'alignement entre différentes vues de processus d'affaires n'impliquant pas de transformations de modèles (Bodenstaff *et al.*, 2008, par exemple) ont été exclues de cette revue.

5.2.3 Discussion

Tel que nous pouvons le voir à travers les travaux présentés ci-dessus, les transformations de modèles d'affaires en modèles de processus d'affaires requièrent l'extension du modèle métier. Ceci s'explique par le fait que le modèle considéré (BPMN) a des préoccupations différentes du modèle métier qu'il est nécessaire de déduire. Pour extraire ces informations manquantes, toutes les approches présentées ont recours à l'implication de l'analyste (à différents niveaux) ainsi qu'à des motifs/patrons de transformation. Notre approche suit, globalement, le même schéma mais diffère dans son degré d'automatisation. En effet, nous tenterons de minimiser les interventions de l'analyste et la majeure partie de notre approche est calculable de façon systématique.

Un autre aspect que nous pourrions relever, de la littérature présentée, est le fait que les auteurs ne se sont intéressés qu'aux aspects qui relèvent exclusivement de la collaboration (c.-à-d. échanges de messages). Plus précisément, ils ne considèrent pas les activités internes du processus qui se chargent de la transformation des ressources économiques échangées entre collaborateurs.

Dans une moindre mesure, nous mentionnons également le fait que la grande majorité des travaux que nous avons analysés utilisent le cadre conceptuel e³value pour la formalisation de modèles d'affaires. Nous estimons que la différence principale entre les ontologies e³value et REA est l'angle sous lequel le modèle métier est considéré. En effet, l'ontologie REA, compte tenu de ses racines comptables, adopte une vue centrée sur les ressources économiques tandis que e³value considère plutôt les acteurs du processus au coeur de ses modèles. Au delà d'un rétablissement d'équilibre dans la littérature, nous estimons que l'approche REA pour la modélisation métier peut être, dans certains cas, plus appropriée (ex. : cette thèse) et gagne à être exposée à la communauté.

Nous terminons cette discussion en analysant les approches de transformation ayant pour principal objectif l'alignement des modèles. Bien que ces travaux permettent de fournir une approximation de l'alignement entre les modèles, des faux sont souvent observés, et ce de l'aveu même des auteurs (Pijpers et Gordijn, 2008). Ceci est dû à la distance conceptuelle entre les deux types de modèles et le méta-modèle commun qu'ils proposent. De plus, nous considérons qu'une telle approche ne peut être appliquée pour la transformation des modèles et ce pour plusieurs raisons. Tout d'abord, en relevant le niveau d'abstraction, nous éliminons des détails pouvant être pertinents pour le modèle cible. De plus, leur réduction repose sur des tables de transformation impliquant que l'on dispose des deux modèles. Finalement, la raison la plus importante relève du fait que leur méta-modèle ne tient pas compte de la relation entre les *transferts de valeurs* (c.-à-d. les dualités de l'ontologie REA), ce que nous estimons être le concept central d'un modèle métier.

Maintenant que nous avons passé en revue les principales approches reliées à ce travail, nous allons présenter notre approche en commençant par en donner une vue globale dans la section qui suit.

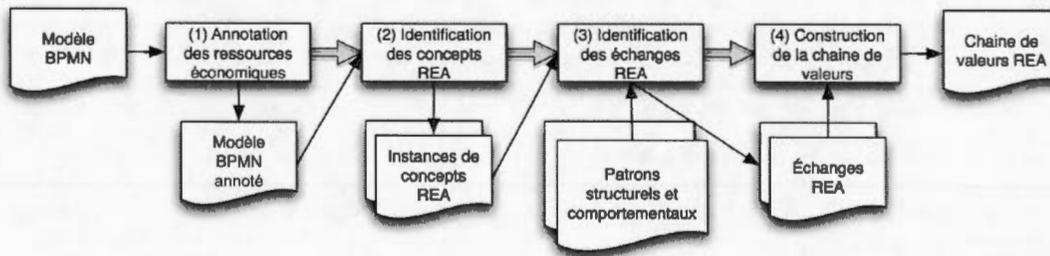


FIGURE 5.1 Vue globale de notre approche de construction de la chaîne de valeurs à partir d'un modèle BPMN du processus d'affaires.

5.3 Aperçu de l'approche

La méthode de construction de la chaîne de valeurs à partir de la vue BPMN du processus d'affaires que nous proposons se décompose en quatre étapes principales, illustrées dans la figure 5.1. La première étape est une étape manuelle, tandis que les trois autres sont automatisées. Essentiellement, construire la chaîne de valeurs se conformant à l'ontologie REA à partir de la vue dynamique du processus d'affaires (en BPMN) soulève trois questions principales :

1. Comment identifier les ressources, événements et acteurs économiques de la vue REA en se basant sur le modèle BPMN du processus ?
2. Comment déterminer et/ou déduire les relations entre ces concepts afin de former des transactions REA (ex. : quel événement consomme une ressource donnée) ?
3. Une fois les transactions REA obtenues, comment relier ces différentes transactions et former une chaîne de valeurs globale du processus ?

Répondre à la première question revient à établir une correspondance entre les éléments du langage BPMN et les concepts de l'ontologie REA (c.-à-d. ressources, événements et agents économiques). Cette correspondance nous permet d'associer les instances des éléments du langage BPMN à des instances de concepts REA. Par exemple, nous établissons la correspondance entre les *Participants* du modèle BPMN aux *Acteurs* de l'ontologie REA. Ainsi, en reprenant notre exemple de la compagnie ABC Inc. (figure 1.1, p.4), nous associons les instances des participants aux processus, à des agents REA, à savoir :

le *Client*, *ABC Inc.*, la *Compagnie de transport* et la *Banque*. Ainsi, l'identification des agents REA est triviale. Nous serions également en mesure d'identifier automatiquement les événements économiques si les ressources économiques étaient connues. Cependant, il ne nous est pas possible de reconnaître automatiquement les ressources économiques. En effet, le langage BPMN propose un concept pour représenter les objets métiers impliqués dans un processus d'affaires (via les *DataObjets*) mais n'offre pas de moyens pour distinguer les ressources économiques des autres ressources (non économiques). Nous recourons donc à l'analyste pour annoter manuellement le modèle BPMN original lors de la première étape de notre approche. Les ressources économiques étant ainsi identifiées, nous serons alors en mesure d'identifier les événements et les acteurs lors de la deuxième étape de notre approche. Ces deux étapes sont décrites, avec de plus amples détails, dans la section 5.5.

Une fois les (instances des) concepts REA identifiés, nous devons établir les associations entre ces concepts pour ainsi former un ensemble de transactions REA. Certaines de ces associations sont explicites dans le modèle BPMN, tandis que d'autres, telles que les relations de dualité, sont implicites et doivent être déduites. Dans la section 5.6, nous présentons notre solution basée sur un ensemble de motifs (*patterns*) structurels et comportementaux. Pour que nous soyons en mesure d'identifier ces motifs, nous faisons quelques hypothèses sur le modèle BPMN original à transformer. Notamment, nous supposons que le modèle BPMN est bien formé et que le processus interne du participant au processus auquel on s'intéresse est fourni. Nous présentons ces hypothèses dans la sous-section qui suit.

Dans la dernière étape de notre approche, nous construisons la chaîne de valeurs globale du processus d'affaires en reliant les transactions REA obtenues à l'étape précédente. Pour ce faire, nous nous basons sur la relation d'ordre partiel entre les occurrences de chaque ressource économique du processus d'affaires. Nous dérivons cette relation d'ordre à partir de la relation d'ordre partiel issue du flux de séquences du processus BPMN et les liens de traçabilité entre les activités du modèle BPMN et les événements des transactions REA. Nous aborderons cet aspect dans la section 5.7.

Dans ce travail, nous nous proposons de générer la plus longue chaîne de valeurs, selon les données dont nous disposons explicitement dans le modèle BPMN. Ainsi, pour toute ressource économique qui apparaît dans le modèle BPMN fournie en entrée de notre approche, nous tenterons d'identifier un échange REA auquel il participe. Notre objectif consiste donc à ne pas laisser de ressources économique *orphelines*, ou ne participant à aucun échange économique. Comme nous le verrons dans la section 5.6.4.2, ceci peut nous amener à introduire des ressources dont nous présageons l'existence en dehors du cadre du processus d'affaires.

Tout au long de ce chapitre, nous illustrerons notre approche en reprenant l'exemple de processus de vente et distribution de la compagnie *ABC Inc.* présenté dans la section 1.1.3 (p. 3). Dans la figure 5.2, nous présentons à nouveau le modèle BPMN du processus dans lequel nous mettons en évidence les objets de données (*DataObjects*) impliqués dans le processus.

5.4 Hypothèses de modélisation

5.4.1 Sur la variabilité des modèles

Un même processus d'affaires peut être représenté par plusieurs variantes de modèles BPMN et à différents niveaux de granularité. En effet, la spécification du langage BPMN permet plusieurs degrés de liberté dépendamment de l'objectif recherché à travers la modélisation. Ainsi, la spécification définit trois niveaux de conformité des outils de modélisation, selon le niveau de détails offert par l'outil de modélisation, à savoir et par ordre croissant de niveau de détails : le niveau *descriptif*, le niveau *analytique* et le niveau *exécutable* (Object Management Group (OMG), 2011, pp.2-7). Le niveau descriptif permet une modélisation de haut niveau des processus, tandis que le niveau analytique vise un niveau de détails plus conséquent à travers un ensemble plus étendu d'éléments de modélisation et une utilisation plus importante des attributs des éléments. Finalement, le niveau d'exécution doit inclure tous les détails – visuels et non-visuels – nécessaires à

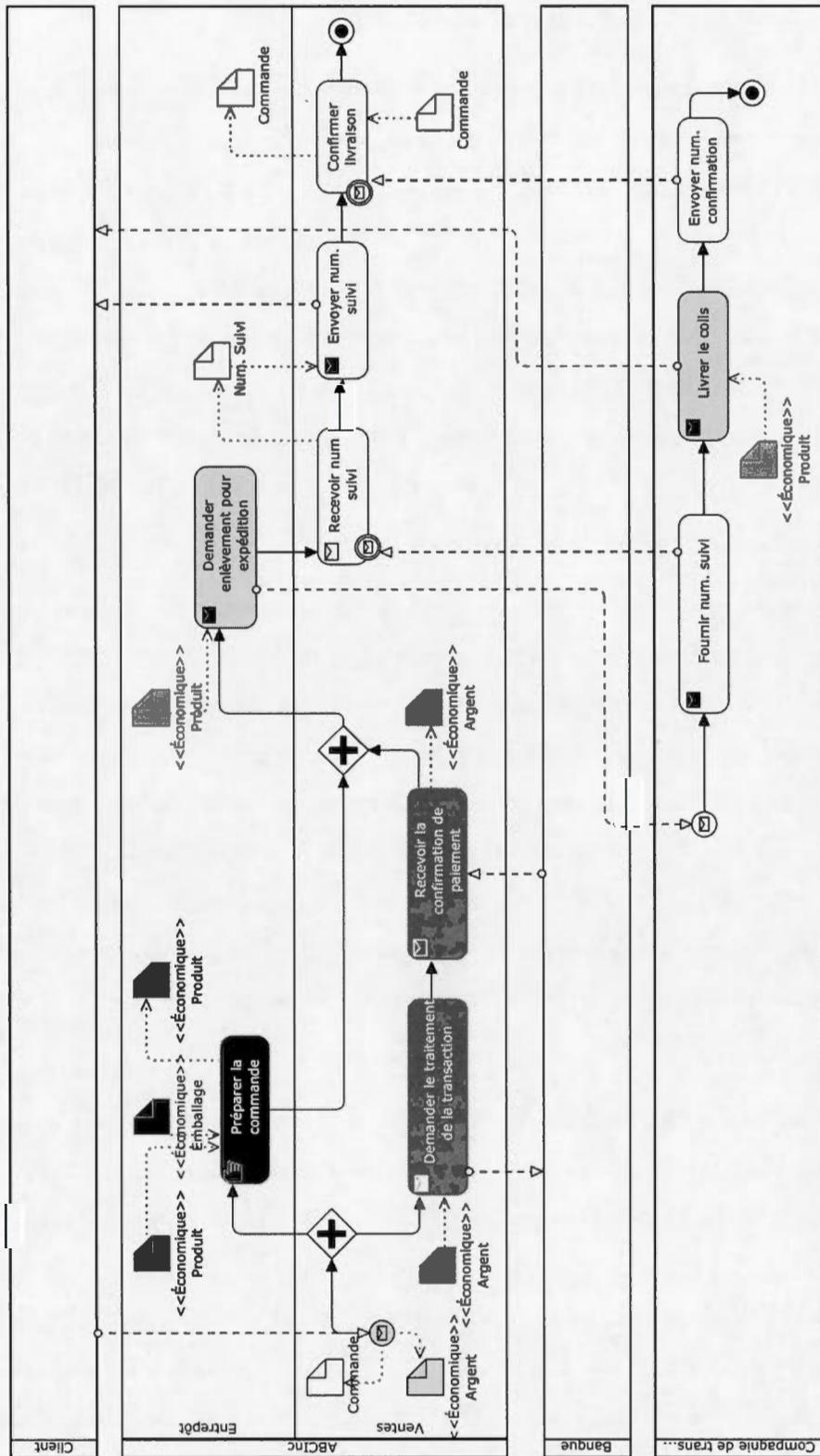


FIGURE 5.2 Processus de vente et distribution de la compagnie ABC Inc. complété avec les objets de données.

l'exécution du processus d'affaires par un moteur.

De plus, dans le cadre d'une collaboration, nous retrouvons différentes variantes de modélisation qui dépendent de l'audience du modèle en question. Par exemple, une collaboration modélisée comme chorégraphie ne détaille que les interfaces publiques des participants au processus, le modèle se concentrant sur la collaboration en tant que telle. Par contre, le même processus d'affaires peut être modélisé depuis la perspective de l'un des participants, auquel cas les détails internes du processus du participant en question apparaissent explicitement dans le modèle. De plus, le langage BPMN permet de modéliser les participants au processus sous forme de « boîte noire », où seule une partie des messages envoyés et reçus par le participant, dans le cadre de la collaboration, sont modélisés.

Ajoutons également à ces aspects plusieurs degrés de variation relatifs aux facteurs humains. En effet, le niveau de détails ainsi que le style de modélisation varient d'un modélisateur à un autre. Cette problématique a fait l'objet de plusieurs études. Notamment, Mendling et Strembeck (2008) ont montré que les connaissances théoriques en modélisation de processus d'affaires sont un indicateur important de leur capacité à comprendre et modéliser des processus. Suite à une étude à large échelle (n=529) entre 2007 et 2008, Recker (2010) a établi que le champ d'expertise du modélisateur (TI versus métier), son expérience en modélisation et sa familiarité avec la grammaire de modélisation influencent positivement la performance du modélisateur quant à l'exercice de modélisation.

Finalement, nous notons également les problèmes relatifs à la spécification du langage BPMN en lui-même. En effet, bien que le méta-modèle du langage définisse clairement les règles syntaxiques du langage, la sémantique du langage n'est décrite que textuellement, laissant libre court à l'interprétation du modélisateur. De fait, plusieurs auteurs ont soulevé des problèmes d'ambiguïté et d'interprétation des éléments du langage tels que le déclenchement d'événements, la gestion des exceptions, la terminaison des processus, les objets de données, et bien d'autres (Dijkman, Dumas et Ouyang, 2008; Wohed

et al., 2006). À ce titre, Recker et ses collègues (2006) ont tenté d'analyser les causes de variabilité dues aux éléments du langage BPMN à travers une étude empirique. Parmi les causes qui ont émergé de leur étude, nous notons l'excès de vocabulaire du langage ainsi que la surcharge des opérateurs (plusieurs façons d'exprimer le même aspect).

Par conséquent, pour limiter les variations de modèles et nous assurer que ceux-ci pourront être traités par notre approche, nous énonçons quelques contraintes et règles de modélisation de base dans le paragraphe suivant.

5.4.2 Nos hypothèse sur les modèles

Compte tenu des multiples facteurs de variabilité des modèles BPMN, il fut nécessaire que nous établissions les conditions sur le modèle BPMN fourni en entrée pour le processus de génération de la vue REA du processus.

Tout d'abord, étant donné que nous souhaitons modéliser la chaîne de valeurs du point de vue de l'un des participants d'une collaboration BPMN, il est nécessaire de disposer du processus privé du participant en question. Le processus privé permet de mettre en évidence les différentes activités internes du processus d'affaires du participant considéré, contrairement au processus public qui n'exhibe que les interfaces publiques du processus.

Nous faisons également l'hypothèse que le processus fourni en entrée est valide, autant syntaxiquement que sémantiquement. La validité syntaxique concerne le respect de la norme BPMN. Par validité sémantique, nous entendons que le processus a du sens d'un point de vue métier (ainsi, sont exclus les processus générés aléatoirement sans sémantique métier généralement utilisés aux fins de tests par la communauté). Notamment, ceci implique que le processus est exempt d'inter-blocages actifs (*livelocks*) et passifs (*deadlocks*) – c.f. Weske (2012).

De plus, pour garantir une interprétation non-ambigüe et pour faciliter l'analyse de nos modèles, nous exigeons que les processus d'affaires de chacun des participants (le cas échéant) soient structurés par blocs. Nous supposerons également que le graphe

du flux de contrôle ne présente aucun cycle (donc aucune boucle). Toutefois, notons que ces contraintes n'affectent pas la généralité de notre approche. En effet, il existe des approches pour transformer un processus à base de graphe en une structure par blocs (Dijkman, Dumas et Ouyang, 2008; Ouyang et al., 2007). En ce qui concerne les cycles, leur présence ou leur absence n'a pas d'incidence sur le résultat produit. Ainsi, les arêtes introduisant un cycle peuvent être éliminées lors d'une étape de pré-traitement du modèle.

Finalement, nous émettons quelques exigences sur les objets de données du modèle. Notamment, nous supposerons que le modèle explicite les différents objets de données de type économique impliqués. De plus, nous supposerons que le modèle fait bon usage des références aux objets de données pour représenter le même objet de données dans le modèle. Nous assumerons également que l'analyste a modélisé toutes les occurrences des objets de données impliqués dans le processus d'affaires. Spécifiquement, nous considérons qu'un objet de données fourni en entrée d'une activité du modèle et ne figurant pas parmi ses sorties aura été consommé par l'activité en question.²

5.5 Identification des concepts REA

Dans le chapitre 4, nous avons présenté l'ontologie REA et décrit ses trois principaux concepts, à savoir : les *ressources économiques*, les *événements économiques* et les *agents économiques*. Dans cette section, nous détaillons comment nous identifions les instances de ces différents concepts à partir d'un processus d'affaires modélisé en BPMN. Notre objectif étant de modéliser la chaîne de valeurs du processus d'affaires de la perspective de l'un des participants (dans notre exemple, la compagnie *ABC Inc.*), nous nous limiterons à considérer uniquement les instances des concepts REA reliés à ce participant. Les sous-sections suivantes abordent, à tour de rôle, l'identification de chacun des concepts. Nous présentons également, à la figure 5.3, un récapitulatif de notre analyse en associant

2. À moins qu'une activité subséquente du processus ne fasse référence à l'objet de données en question. Le cas échéant, un objet de données sera ajouté lors de la phase de pré-traitement du processus.

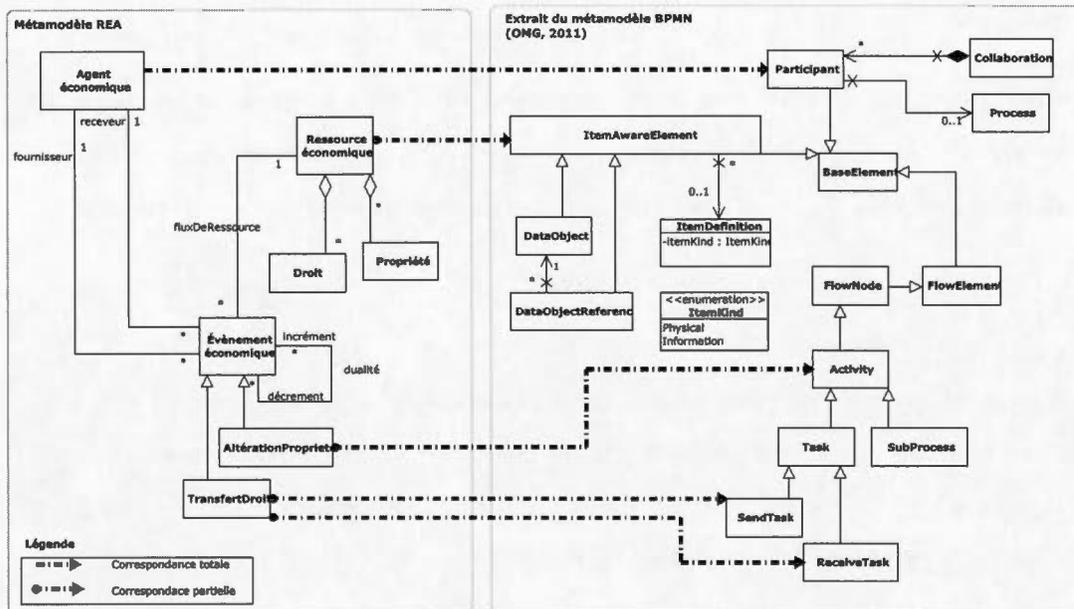


FIGURE 5.3 Correspondances entre le méta-modèle REA et le méta-modèle BPMN.

les classes du méta-modèle REA à celles du méta-modèle BPMN.

5.5.1 Les agents économiques

Dans une collaboration BPMN, chaque entité impliquée dans le processus d'affaires est représentée par un conteneur (*Pool*) distinct, contenant les éléments du processus spécifiques à l'entité en question. Le pool d'un participant peut également comporter des subdivisions (*Swimlanes*), chacune faisant référence à une sous-entité du participant. La norme BPMN définit un *Participant* comme étant « (...) une entité spécifique (ex. : une compagnie) et/ou plus généralement un rôle (ex. : acheteur, vendeur ou fabricant) qui participe à une collaboration » (Object Management Group (OMG), 2011, p.144, traduction libre).

Cette définition d'un participant correspond à celle d'un agent de l'ontologie REA. Ainsi, nous ferons correspondre à chaque participant de la collaboration BPMN un agent REA. Les sous-entités représentées par des *swimlanes* seront également considérés comme des

agents *internes*.

Dans notre exemple de la figure 5.2, la compagnie *ABC Inc.*, le client, la banque et la compagnie de transport correspondent à des agents. De plus, la compagnie à l'étude (*ABC Inc.*) comporte deux agents internes : le département des ventes et l'entrepôt.

5.5.2 Les ressources économiques

Les ressources économiques impliquées dans un processus d'affaires peuvent être modélisées explicitement comme des « objets de données » (*DataObject*), qui sont décrits par la norme BPMN comme étant « amenés à stocker ou véhiculer des objets durant l'exécution du processus » (Object Management Group (OMG), 2011, p.203, traduction libre). Toujours selon la norme BPMN, les *DataObjects* sont une spécialisation des *ItemAwareElements* et peuvent être des objets *informationnels* ou des objets *physiques*. Les *ItemAwareElements* se spécialisent en plusieurs sous-classes, notamment : *DataObject*, *DataObjectInput*, *DataObjectOutput* et *DataObjectReference*. Dans la suite de ce chapitre, nous utiliserons le terme « Objet de données » pour représenter collectivement tous les concepts sus-mentionnés.

Ainsi, le concept BPMN *ItemAwareElement* paraît approprié pour représenter les ressources économiques de l'ontologie REA. Cependant, nous ne pouvons considérer tous les objets de données comme des ressources économiques puisque tous ne répondent pas à la définition de ressource économique, soit que cette dernière soit rare, ait une valeur économique et soit sous le contrôle de la compagnie (McCarthy, 1982). Considérons par exemple l'objet de données « *Num de suivi* » de notre exemple. Cet objet de données ne répond pas à la condition de rareté et ne constitue donc pas une ressource économique.

Nous ferons l'hypothèse que tous les objets de données de nature *physique* sont des ressources économiques et les identifions automatiquement comme tels dans notre approche. Cependant, nous ne pouvons déduire, systématiquement, de la nature économique des objets de données de type *informationnel*. De ce fait, nous impliquons l'analyste d'affaires et lui demandons d'identifier manuellement tous les objets de données, non-déjà identi-

fiés, qu'il considère être des ressources économiques. Tel qu'illustré dans la figure 5.2, le stéréotype « *Economic* » est assigné à chaque objet de données identifié comme ressource économique.

5.5.3 Les événements économiques

Intuitivement, nous souhaitons associer les activités du processus d'affaires à des événements économiques. Tel que décrit au chapitre 4 (voir paragraphe 4.4.1), un événement économique est une action du processus ayant un effet sur les ressources économiques, que ce soit au niveau de leurs propriétés (cas des conversions) ou de leurs droits assignés (cas des échanges). Ainsi, toutes les activités du processus ne peuvent être considérées comme des événements économiques. Un contre-exemple, tiré de notre cas d'étude à la figure 5.2, serait la tâche qui consiste à envoyer le numéro de suivi au client. En effet, cette dernière n'affecte aucune ressource économique. De fait, nous éliminons de la liste des événements économiques candidats toutes les activités du modèle BPMN n'ayant aucune ressource économique en entrée ou en sortie. Ceci nous permet d'obtenir un ensemble réduit d'activités sur lequel nous pouvons poursuivre notre analyse. Toutefois, il serait faux d'affirmer que toutes les activités de cet ensemble réduit sont des événements économiques. Tout d'abord, et tel que mentionné en introduction de cette section, nous ne considérons que les événements impliquant le participant du processus qui est à l'étude.³ De plus, bien qu'une activité implique des ressources économiques, l'activité en question ne doit pas obligatoirement être considérée comme événement économique. Imaginons, toujours dans le cadre de notre exemple, que nous voulions peser le colis avant de procéder à son expédition. L'activité de pesée reçoit comme intrant le produit emballé et génère en sortie l'information portant sur son poids. Bien que cette activité ferait partie de notre ensemble de candidats, celle-ci n'affecte aucunement les propriétés ou les droits de la ressource économique (*Produit*).

Pour identifier, parmi les candidats, quelles activités du processus peuvent être assimilées

3. Nous souhaitons modéliser la chaîne de valeurs de la perspective du participant à l'étude.

à des événements économiques, nous allons considérer de plus près les caractéristiques des événements économiques. Il existe, en effet, deux types d'événements économiques : (1) ceux qui transfèrent des droits sur les ressources entre agents économiques et (2) ceux qui altèrent un ensemble de propriétés de leurs ressources économiques associées (ceci inclut la création de nouvelles ressources). Nous analysons ces deux types d'événements, tour à tour, dans les paragraphes ci-dessous.

5.5.3.1 Transfert de droits

Nous déduisons ce premier type d'événements économiques à partir des activités, tirées de l'ensemble des activités candidates,⁴ qui envoient ou qui reçoivent un message. En effet, selon la spécification du langage BPMN, tout objet de données, en entrée d'une activité (*DataInput*) qui envoie un message, sert à construire le message en question.⁵ Réciproquement, pour toute activité qui reçoit un message, ses objets de données en sortie (*outputs*) sont constitués à partir du message reçu (Object Management Group (OMG), 2011, pp. 225-226). Par conséquent, nous considérons ces activités comme étant des événements économiques qui transfèrent des droits sur des ressources économiques entre participants. Nous créons un événement de décrétement lorsque la ressource économique est transférée à un partenaire, et, inversement, un événement d'incrément lorsqu'une ressource économique est reçue d'un partenaire.

Dans notre exemple, l'activité « Demander l'enlèvement pour expédition » illustre ce cas. Le droit de *contrôle* du *produit* est transféré de *ABC Inc.* à la compagnie de transport.

4. Nous rappelons que les activités qui ne sont pas liées à un objet de données stéréotypé « Economic » ne font pas partie des activités candidates.

5. Les interactions entre les participants d'une collaboration ne peuvent se faire qu'à travers des messages, selon la spécification BPMN.

5.5.3.2 Altération de propriétés

Pour déduire le second type d'événements économiques qui altèrent une (des) propriété(s) de ressources, nous considérons les activités candidates restantes du processus qui produisent une ressource économique, à savoir, celles ayant une ressource économique en sortie. Dans notre exemple de la figure 5.2, l'activité *Préparer la commande* correspond à ce cas de figure : l'*emballage* et le *produit* sont fournis pour générer un *produit* ayant été (ayant la *propriété*) emballé. Pour chaque activité répondant à ces critères, nous associons plusieurs événements économiques : (1) un ensemble d'événements économiques de décrétement qui mettent les ressources en entrée à la disposition de l'activité, et (2) des événements économiques d'incrément qui produisent les nouvelles ressources économiques (ou les variations de ressources). Ainsi, dans notre exemple, trois événements économiques sont créés : deux événements de décrétement pour la fourniture du *produit* et de l'*emballage* (voir figure 5.4a et figure 5.4b), et un événement d'incrément pour la préparation de la commande (figure 5.4c).

Pour être en mesure de distinguer les activités qui créent des ressources économiques de celles qui les modifient, nous comparons les ensembles de ressources en entrée et en sortie. Les ressources économiques étant à la fois en entrée et en sortie sont considérées comme modifiées par l'activité. En revanche, les ressources fournies en entrée de l'activité et qui n'apparaissent pas parmi les ressources produites sont considérées comme étant consommées. Réciproquement, nous considérons les ressources en sortie et qui ne figurent pas en entrée de l'activité comme des ressources nouvellement créées. En revenant à notre exemple et à l'activité « *Préparer la commande* », nous considérons la ressource *Produit* comme ayant été altérée, tandis que la ressource *Emballage* a été consommée.

5.5.4 Les associations

L'ontologie REA définit plusieurs types d'associations entre ses différents concepts. Dans la suite de cette sous-section, nous les considérons une-à-une et décrivons comment nous les déduisons à partir du modèle BPMN.

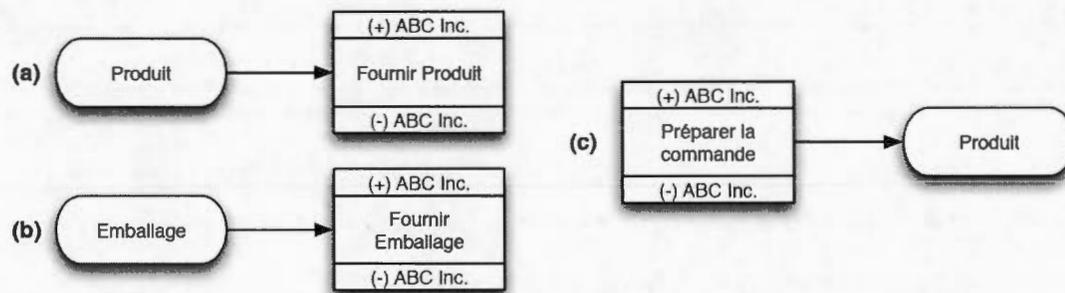


FIGURE 5.4 Concepts REA identifiés pour l'activité « Préparer la commande ».

5.5.4.1 Associations événement économique-ressource économique

Selon l'ontologie REA, chaque événement économique doit obligatoirement être associé à une (et une seule) ressource économique. Tel que nous l'avons détaillé à la section 5.5.3, chaque événement économique identifié se rapporte à une activité du modèle BPMN, elle-même reliée à un objet de données de type économique. Ainsi, le lien entre les événements économiques et les ressources économiques est explicite dans le modèle BPMN.

En revenant à notre exemple de la figure 5.2, nous avons précédemment établi que l'activité *Préparer la commande* génère trois événements économiques. Chacun de ces événements est associé à la ressource économique ayant permis son identification, tel qu'illustré par la figure 5.4.

5.5.4.2 Association événement économique-agent économique

Dans le cadre d'une collaboration BPMN, chaque activité doit être associée au participant du processus en charge de la réaliser. Graphiquement, celle-ci doit être située dans le *Pool* du participant. Étant donné que nous associons à chaque participant du modèle BPMN un agent dans le modèle REA, l'événement doit être associé à l'agent REA en question. Par exemple, l'événement *Préparer la commande* de la figure 5.4 a été issu de l'activité éponyme du modèle BPMN de la figure 5.2. Cette activité se situe dans le *Pool* de *ABC Inc.* Par conséquent, nous assignons cet événement à l'agent *ABC Inc.* Il nous

reste, toutefois, à identifier si cet agent agira comme fournisseur de l'événement, comme bénéficiaire ou les deux à la fois.

Dans les cas d'un événement de conversion, nous estimons que la tâche est effectuée par un participant pour son bénéfice (immédiat). Ainsi, le participant est à la fois fournisseur des ressources économiques et bénéficiaire du résultat produit par l'événement économique. Notre exemple de la figure 5.4 illustre ce cas.

Dans le cas d'un événement de transfert de droits, il y a nécessairement deux agents distincts qui sont impliqués. Tel que nous l'avons détaillé au paragraphe 5.5.3.1, nous identifions ces événements en considérant les activités du modèle BPMN qui émettent ou reçoivent un message avec l'un des participants. Nous considérons alors l'émetteur du message comme fournisseur de l'événement économique et le receveur comme le bénéficiaire. Notons cependant que nous ne considérons que les événements ayant le participant à l'étude (c.-à-d. *ABC Inc.*) comme l'un des agents impliqués. En appliquant ceci à notre exemple de la figure 5.2, l'événement économique déduit de l'activité *Demander le traitement de la transaction* aura comme agent fournisseur *ABC Inc.* et comme agent bénéficiaire la *Banque*.

5.5.4.3 Associations entre événements économiques

L'association entre événements REA constitue la relation de dualité du cadre REA. Cette relation, au coeur de l'ontologie, permet de lier des événements de décrément à des événements d'incrément, permettant d'expliquer pourquoi de telles activités sont menées. Cet aspect ne faisant pas partie des préoccupations du modèle BPMN, ces associations sont absentes ou, pour le moins, ne sont pas représentées explicitement. Afin de déduire ces relations, nous proposons une approche basée sur l'identification de motifs. Ceci fait l'objet de la section qui suit.

5.6 Motifs de transformation

Nous avons montré dans la section précédente les principes de notre approche pour l'identification des concepts REA qui reposent sur l'application d'un ensemble de règles simples de transformation que nous avons décrites. Cependant, en reposant seulement sur ces règles, nous ne pouvons pas identifier toutes les instances de concepts REA impliquées dans le processus. Considérons par exemple le *Produit* de notre cas d'illustration (figure 5.2). Une fois prêt à être expédié, celui-ci quitte le contrôle de la compagnie *ABC inc.* pour être livré au client. En appliquant seulement nos règles de transformation, il nous serait impossible d'expliquer comment le produit a été déplacé. En d'autres termes, comment identifier l'événement économique responsable de la modification de la *propriété de localisation* du *Produit*? Intuitivement, nous pensons que la *compagnie de transport* est responsable de ce traitement, mais est-ce que ceci implique d'autres ressources économiques? De plus, comme nous l'avons mentionné au paragraphe 5.5.4.3, nos règles ne permettent pas d'identifier les relations de dualité entre événements économiques, le modèle BPMN faisant abstraction de cette préoccupation.

Nous estimons que la réponse à ces questions peut être obtenue par l'identification de motifs au sein d'un processus. En effet, si nous considérons un processus de vente (peu importe le domaine d'affaires), il est d'usage que la compagnie transmette une ressource économique à un autre participant (le client). Également, dans le cadre d'un processus d'affaires de production, nous retrouvons généralement plusieurs transformations successives de ressources économiques et/ou des créations de nouvelles ressources. Ainsi, et après l'analyse d'un ensemble de processus d'affaires tirés d'ouvrages (Curran, Keller et Ladd, 1998, par exemple) et d'exemples illustratifs dans la littérature, nous avons pu identifier un ensemble limité de comportements que nous avons généralisés sous forme de motifs (*patterns*) de haut niveau.

Nous ne prétendons pas que ces motifs sont exhaustifs et ne serions pas en mesure d'en estimer la couverture. Nous avançons plutôt qu'il est possible, à travers un nombre restreint de motifs, de déduire un grand nombre de transactions REA, réduisant ainsi

considérablement la taille du problème. Nous tentons de fournir des éléments de preuve à travers une étude empirique, présentée au chapitre 7 (section 7.3).

Nos motifs se divisent en deux catégories : des motifs structurels et des motifs comportementaux. Les motifs structurels définissent une correspondance un-à-un entre une configuration (ou portion) donnée du modèle BPMN fourni en entrée et un ensemble de transactions REA. Les motifs comportementaux vont au-delà des aspects structurels et tirent profit de la séquence d'exécution du processus BPMN dans le but de raffiner les transactions REA déduites grâce aux motifs structurels.

Dans la suite de cette section, nous présentons les différents motifs structurels et comportementaux. Pour chaque motif, nous donnerons une description textuelle ainsi qu'une illustration avec notre exemple (lorsqu'applicable), en plus de sa vue graphique. Mais avant de détailler nos motifs, nous présentons, dans la sous-section qui suit, un traitement préliminaire que nous effectuons sur le modèle BPMN pour être en mesure d'y identifier certains de nos motifs.

5.6.1 Pré-traitement du modèle BPMN : suppression des messages entre les participants externes

Dans le cadre d'une collaboration, nous pouvons mettre en évidence le cas de figure où deux participants, autres que le participant à l'étude, collaborent directement dans la réalisation du processus. Cette collaboration entre *participants externes* est illustrée à travers des échanges de messages entre les participants. Dans notre exemple de la compagnie *ABC Inc.*, nous retrouvons cette configuration dans le cadre de l'activité *Livrer le colis* de la compagnie de livraison.

Cependant, et tel que nous l'avons précisé dans la section 5.5, nous avons pour objectif de modéliser la chaîne de valeurs REA exprimant la logique métier du processus vue de la perspective du participant à l'étude. Ainsi, nous supposons que toute communication entre participants, autres que la compagnie à l'étude, sont effectuées au nom de cette dernière. Par exemple, dans le cadre du processus de *ABC Inc.*, la *Compagnie de*

transport livre le colis au *Client* au nom de *ABC Inc.* Cette hypothèse nous permet de réduire considérablement le problème, nous permettant ainsi de considérer, dans nos motifs, les participants deux à deux dont l'un doit obligatoirement être la compagnie à l'étude (*ABC Inc.*). Nous faisons ainsi abstraction des configurations complexes où plus de deux participants sont impliqués. Toutefois, les communications entre acteurs externes ne sont pas ignorées pour autant et nous transformons quelque peu le modèle BPMN pour les fins de l'analyse.

Pour appliquer cette simplification, et préalablement à l'identification des motifs, nous modifions le modèle BPMN fourni en entrée de notre approche en remplaçant les messages entre participants externes, de sorte que la compagnie à l'étude soit en charge de relayer le message entre les deux participants externes. Pour ce faire, en supposant que nous souhaitons remplacer un message entre les participants externes émis par *ParticipantA* et reçu par *ParticipantB*, nous procédons en deux étapes :

1. Deux activités successives *REC* et *ENV* sont insérées⁶ dans le processus de la compagnie à l'étude : la première recevra le message de *ParticipantA* et la seconde le relayera à *ParticipantB*.
2. Le message entre *ParticipantA* et *ParticipantB* est supprimé pour créer deux messages : l'un de *ParticipantA* vers l'activité *REC* et l'autre partant de l'activité *ENV* vers *ParticipantB*.

Pour compléter cette préparation, il ne nous reste plus qu'à déterminer où les deux activités *REC* et *ENV* devront être insérées dans le processus de la compagnie à l'étude, et ce, tout en préservant la sémantique globale et la cohérence du processus d'affaires résultant. Notamment, nous devons nous assurer de conserver un flux de contrôle et un flux de ressources économiques cohérent dans un contexte où les deux processus évoluent indépendamment et de façon asynchrone. Prenons l'exemple du processus présenté dans la figure 5.5. Le modèle présente un exemple fictif, où la *compagnie à l'étude* envoie deux ressources économiques, $r1$ et $r2$, au *Participant B*. Ce dernier produit une ressource

6. Nous précisons que les activités en question sont insérées uniquement pour fins d'analyse.

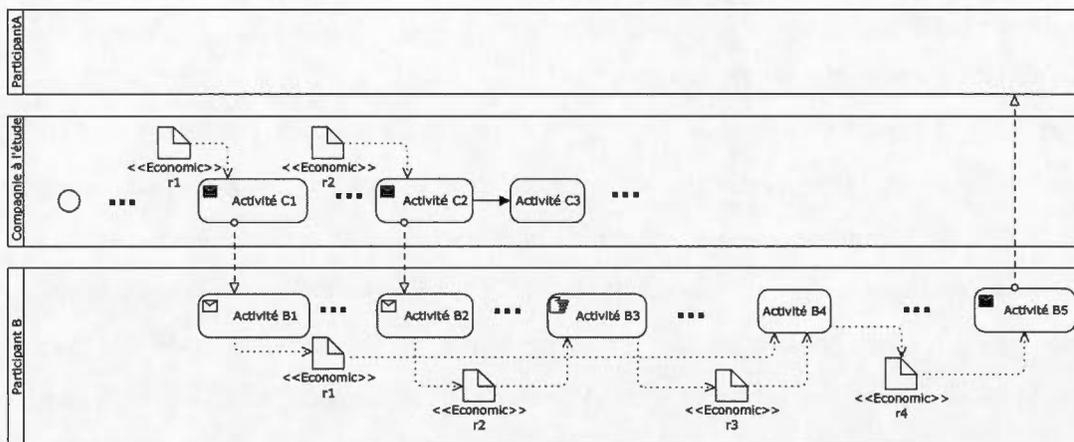


FIGURE 5.5 Illustration d'un message entre participants externes.

économique r_4 générée à partir de la ressource r_1 ainsi qu'une ressource intermédiaire r_3 obtenue à partir de la ressource r_2 . La ressource économique résultante r_4 est ensuite envoyée par *Participant B* au *Participant A*. Nous souhaitons donc remplacer le message envoyé de *Participant B* à *Participant A* (*Activité B5*) par deux messages : (1) un message de *Participant B* à la l'activité *REC* de la compagnie à l'étude et (2) un message de l'activité *ENV* de la compagnie à l'étude vers le *Participant A*.

Afin de calculer le point d'insertion des nouvelles activités de réception et d'envoi (*REC* et *ENV*) de la ressource dans le processus de la *Compagnie à l'étude*, nous calculons le *dernier point de synchronisation* entre la *Compagnie à l'étude* et le participant qui émet le message à un participant externe. Intuitivement, et selon notre exemple, le dernier point de synchronisation correspond à la dernière activité de la compagnie à l'étude où celle-ci a communiqué avec le *Participant B* avant que l'Activité B5 ne s'exécute. Dans notre exemple de la figure 5.5, le dernier point de synchronisation avant *Activité B5* correspond à l'*Activité C2*.

En d'autres termes, nous cherchons à établir le point le plus proche de l'événement de début, dans le processus de la compagnie à l'étude, après lequel les activités *REC* et *ENV* peuvent être insérées sans introduire d'incohérences dans l'ordre des activités de la collaboration. En effet, nous ne pouvons insérer ces activités avant *Activité C2* car cette

activité s'exécute (virtuellement) de façon concurrente avec l'Activité B2. Or, Activité B2 doit s'exécuter avant Activité B5 selon le flux du processus de Participant B. Ceci introduirait donc une incohérence car Activité B5 enverrait un message à REC qui s'exécute avant l'Activité B2. Nous en déduisons donc que REC et ENV doivent se situer après Activité C2. Supposons maintenant que nous insérons ces deux activités après Activité C3 (c.-à-d. pas immédiatement après Activité C2). Ceci introduirait potentiellement une incohérence car nous n'avons aucune indication sur le temps d'exécution de l'Activité C3, ni sur toutes les autres activités entre Activité B2 et Activité B5 (incluses). En effet, il se peut que Activité C3 termine son exécution après l'exécution de l'Activité B5. Par conséquent, les activités REC et ENV seront insérées immédiatement après Activité C2.

Dans la suite de cette section, nous allons définir formellement le point de synchronisation. Nous nous intéresserons tout d'abord à la notion de *derniers points communicants*. Ces points correspondent aux derniers noeuds du processus de l'émetteur original du message où il y a eu une communication avec la compagnie à l'étude, avant l'émission du message à remplacer. Dans notre exemple de la figure 5.5, ceci correspond à l'Activité B2. Dans certains cas, nous pourrions avoir plus d'un *dernier point communicant*. Considérons, par exemple, la figure 5.6. Dans cet exemple, les activités B2 et B3 constituent les derniers points communicants. En effet, ces deux activités ne sont pas comparables selon la relation d'ordre définie par le flux de contrôle du processus car BPMN n'impose aucune restriction sur l'ordre d'exécution des activités portées par des branches parallèles. Nous ne pouvons donc établir aucun ordre d'exécution entre ces deux activités et conservons les deux dans le résultat. Formellement, nous définissons les derniers points communicants par :

Définition 1. Soit une activité A appartenant au participant $P1$ et soit un participant $P2 \neq P1$. Soit $PC_{P1,P2}(A)$ l'ensemble d'activités précédant l'activité A , selon la relation d'ordre partielle définie par le graphe de flux de contrôle du processus de $P1$, tel que $\forall A' \in PC_{P1,P2}(A)$ A' communique avec $P2$ (via l'émission ou la réception d'un message). Nous appelons les *derniers points communicants avant A* entre $P1$ et $P2$ l'ensemble $DPC_{P1,P2}(A) \subset PC_{P1,P2}(A)$ tel que : $\forall X \in DPC_{P1,P2}(A), \forall Y \in PC_{P1,P2}(A), X > Y$

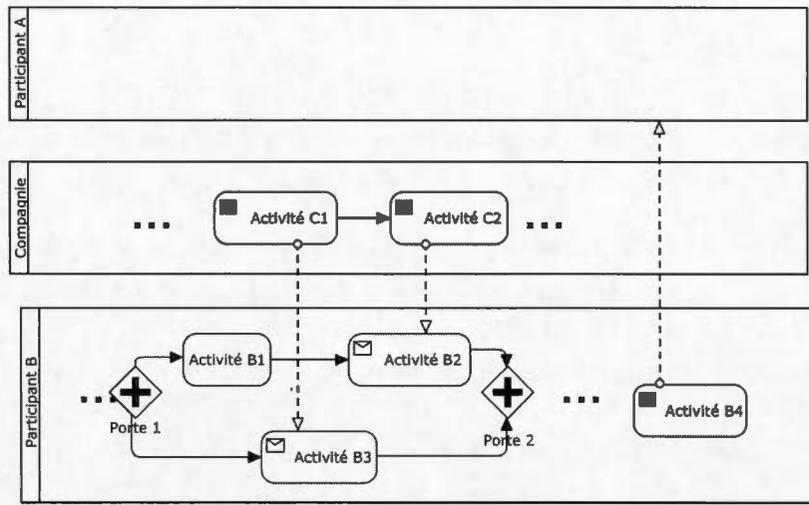


FIGURE 5.6 Exemple de modèle BPMN comportant de multiples points communicants.

selon la relation d'ordre partiel formée par le graphe de flux de contrôle.⁷

À partir des points communicants, nous considérons leurs points vis-à-vis. Étant donné que tous les points communicants émettent ou reçoivent des messages, les points vis-à-vis sont les points du processus de la compagnie à l'étude qui sont reliés, par messages, aux points communicants. Dans l'exemple de la figure 5.5, le point vis-à-vis de l'Activité B2 est l'Activité C2.

Définition 2. Soit une activité A d'un participant $P1$ qui envoie ou qui reçoit un message. Nous appelons *point vis-à-vis* l'activité B appartenant à un participant $P2$ tel que B est l'émetteur ou le destinataire du message de A . Par extension, nous appellerons ensemble vis-à-vis d'un ensemble \mathcal{E} l'ensemble \mathcal{F} composé des points vis-à-vis de chaque élément de l'ensemble \mathcal{E} .

Finalement, nous obtenons le point de synchronisation qui se situe après les points vis-à-vis des derniers points communicants. Il y a trois cas de figures, comme le mentionne

7. Notons que la relation d'ordre partiel existe car nous avons fait l'hypothèse que le modèle BPMN est sans cycles ni boucles.

la définition ci-dessous.

Définition 3. Soit une activité A appartenant au participant $P1$ et soit un participant $P2 \neq P1$. Soit DPC_A l'ensemble des derniers points communicants entre $P1$ et $P2$ avant A . Soit \mathcal{E} l'ensemble de points vis-à-vis de DPC_A . Nous appelons le *dernier point de synchronisation entre $P1$ et $P2$ avant A* , l'activité du processus de $P2$ étant :

- Le seul élément de \mathcal{E} si \mathcal{E} est un singleton ; sinon
- Le plus grand élément de \mathcal{E} si tous les éléments sont comparables ;
- Le successeur commun à tous les éléments de \mathcal{E} sinon.

L'ensemble \mathcal{E} de la définition 3 peut être soit un singleton, soit un ensemble d'activités. Dans l'exemple de la figure 5.5, l'ensemble \mathcal{E} ne contient que l'élément *Activité C2*. C'est donc le point de synchronisation.

Considérons maintenant le cas illustré par la figure 5.6. Comme nous l'avons vu plus haut, l'ensemble des derniers points communicants se compose des deux activités $B2$ et $B3$. Par conséquent, l'ensemble \mathcal{E} des points vis-à-vis se compose des activités $C1$ et $C2$. Ainsi, le deuxième cas de figure de la définition s'applique et le dernier point communicant retenu est l'*Activité C2*.

Pour illustrer le dernier cas de la définition, considérons la figure 5.7. Les derniers points communicants sont les activités $B1$ et $B2$ et, par conséquent, les points vis-à-vis sont les activités $C1$ et $C2$. Or, comme nous le mentionnions plus haut, l'ordre d'exécution de ces deux activités ne peut être établi. Dans ce cas, le dernier cas de figure de la définition établit que le point de synchronisation doit être le successeur commun, à savoir la *Porte 2*. Selon nos hypothèses sur le modèle BPMN qui fait l'objet de notre analyse (c.f. 5.4.2), le modèle est structuré en blocs et, par conséquent, il existera toujours un successeur commun.

Nous présentons, dans la figure 5.8, le processus présenté à la figure 5.5 après remplace-

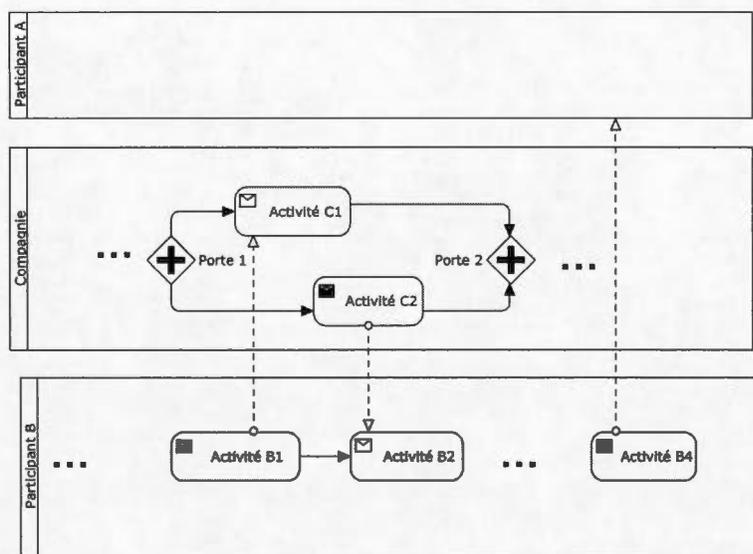


FIGURE 5.7 Cas où les points vis-à-vis ne sont pas comparables.

ment des messages entre participants externes.

Pour conclure, notons que cette modification a pour unique but de simplifier le problème de détection des motifs structurels et nous n'affirmons pas que le modèle résultant soit sémantiquement équivalent au modèle original. En effet, si nous considérons le modèle de la figure 5.8, le remplacement du message original a introduit une contrainte sur le processus de la *Compagnie à l'étude* faisant que *Activité C3* ne peut être exécutée que suite à l'exécution de *Activité B5* du *Participant B*. Cette contrainte n'existait pas dans le modèle de la figure 5.5. Cependant, cette nouvelle contrainte introduite n'aura pas d'incidence sur l'identification de nos motifs structurels. Nous sommes, maintenant, en mesure d'analyser notre processus d'affaires pour y identifier les motifs que nous présentons dans la suite de cette section.

5.6.2 Motifs structurels

Les motifs structurels nous permettent d'associer un ensemble d'éléments du processus d'affaires en BPMN, répondant à une configuration spécifique, à un ensemble de tran-

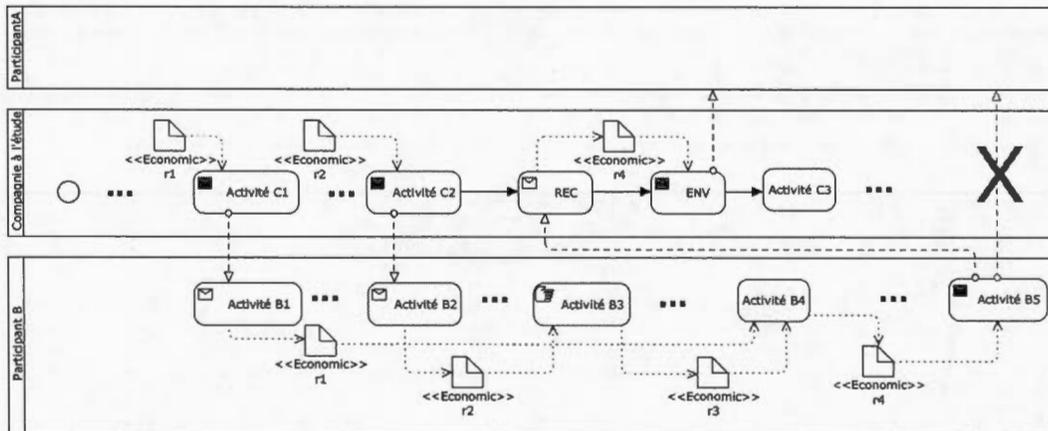


FIGURE 5.8 Remplacement du message entre participants externes de la figure 5.5.

sactions REA. Nous avons identifié quatre motifs structurels de haut niveau que nous présentons dans ce qui suit : la *conversion*, l'*échange*, la *sous-traitance* et la *location*.

Les motifs sont présentés sous une forme graphique où nous avons, d'un côté, le motif BPMN à identifier et, de l'autre, l'ensemble des transactions REA correspondantes.⁸ Afin de présenter des modèles intelligibles, nous avons fait le choix de présenter des motifs qui n'illustrent qu'un cas parmi la multitude d'autres cas de figure pouvant être associés au motif. Prenons, par exemple, le motif d'échange (voir 5.6.2.2). Celui-ci implique un échange de ressources économiques entre deux participants. Le motif présenté illustre un cas de figure où un participant *A* échange avec un participant *B* une ressource économique pour une autre. De plus l'échange se fait dans un ordre spécifique : le participant *A* fournit d'abord une ressource économique, puis en reçoit une autre en échange. Ceci ne doit pas remettre en cause la généralité du motif qui peut s'appliquer à un nombre quelconque de ressources échangées, peu importe l'ordre dans lequel l'échange se produit.

Cependant, par souci de précision, nous avons défini ces motifs structurels dans un cadre formel. Cette définition formelle de motifs serait nécessaire, notamment, pour la mise en

8. Notons que nous présentons les modèles REA en utilisant la notation abrégée introduite à la section 4.1.4

oeuvre de l'approche. Dans le but de faciliter la compréhension et pour ne pas alourdir le texte outre-mesure, nous avons fait le choix de présenter notre cadre formel à l'annexe A.

5.6.2.1 Motif de conversion

Dans notre exemple de processus de la compagnie *ABC Inc.* (figure 5.2), l'activité *Préparer la commande* se charge de mettre les produits commandés dans une boîte étiquetée à l'adresse du destinataire (c.-à-d. le client). Ainsi, d'une pile de produits commandés, nous avons obtenu une boîte contenant les différents produits prête à être expédiée. Cette activité ainsi que les ressources économiques en entrée et en sortie de l'activité, représentées sur fond noir dans la figure 5.2, constituent ce que nous appelons un *motif de conversion*.

Une conversion se produit lorsqu'une activité crée une valeur ajoutée à travers la modification d'une ressource économique existante ou la création d'une nouvelle ressource. Dans le premier cas, la modification d'une ressource économique, la (les) ressource(s) modifiée(s) apparaît(apparaissent) autant parmi les ressources en entrée que les ressources en sortie. Ce cas est illustré par l'exemple de l'activité *Préparer la commande* sus-mentionné : les produits, initialement sur les tablettes, sont maintenant enfermés dans une boîte. Le second cas se manifeste lorsque la ressource économique en sortie n'apparaît pas dans l'ensemble des ressources économiques en entrée de l'activité. Nous pourrions citer, comme exemple illustrant ce cas de figure, un processus de développement logiciel où de la main-d'oeuvre et le temps d'ordinateurs utilisés pour le développement sont consommées pour produire un artifact logiciel (ex. : documents de conception, code source, etc.).

Lorsqu'un motif de conversion est détecté dans le processus BPMN, il est, naturellement, traduit en une conversion REA. Les ressources économiques en entrée sont associées aux événements économiques *de fourniture* (c.-à-d. mise à disposition des ressources pour la conversion) et constituent le décrétement de la transaction REA. Les ressources économiques produites, quant à elles, sont associées aux événements économiques d'incrément

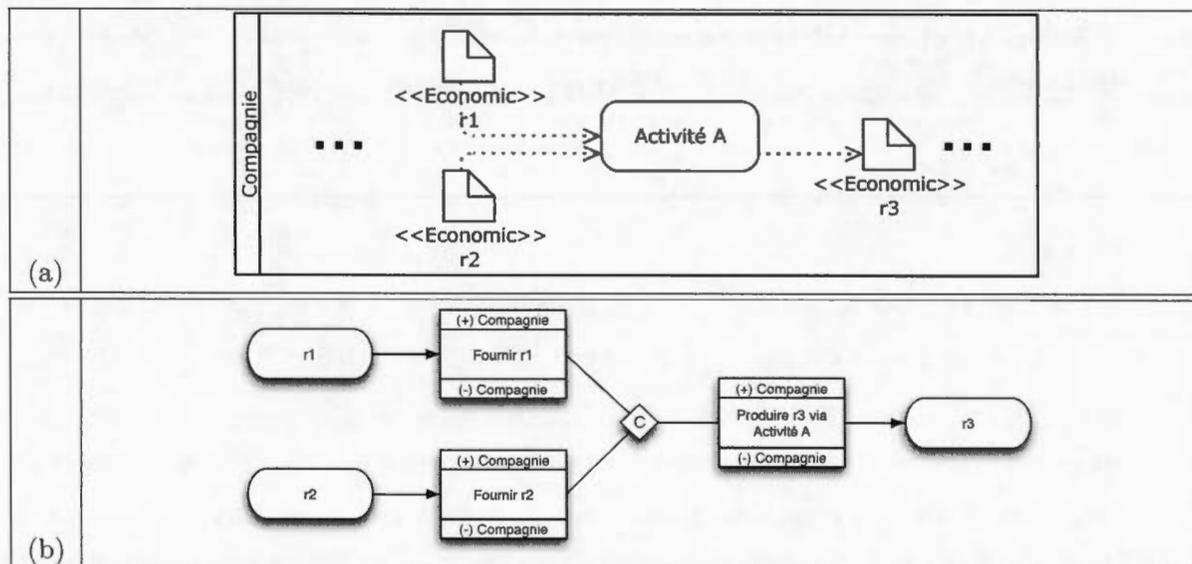


FIGURE 5.9 Motif de conversion.

qui les produisent. Nous illustrons, dans la figure 5.9, la structure du motif (a) ainsi que la transaction REA résultante (b).

5.6.2.2 Motif d'échange

La motif structurel d'échange vise à identifier les transactions REA d'échange au sein du processus d'affaires. Dans notre exemple, compagnie *ABC Inc.* livre des produits au client en échange d'un paiement effectué par le client.⁹ Cette « vente » est l'exemple typique d'un motif d'échange où l'un des participants fournit des ressources économiques pour acquérir d'autres ressources économiques (différentes). Ce motif d'échange est transformé en un échange REA où la compagnie à l'étude fournit l'ensemble de ressources économiques dans le cadre d'événements de décrétement et, réciproquement, reçoit d'autres ressources économiques distinctes dans le cadre d'événements économiques d'incrément. Nous illustrons ce motif, ainsi que le modèle REA correspondant, à la figure 5.10.

9. La livraison des produits n'apparaît pas dans le modèle de la figure 5.3 comme provenant de *ABC Inc.* Cependant, après transformation du modèle tel que nous l'avons présenté à la section 5.6.1, le lien direct entre *ABC Inc.* et le client pour la liaison du produit est établi.

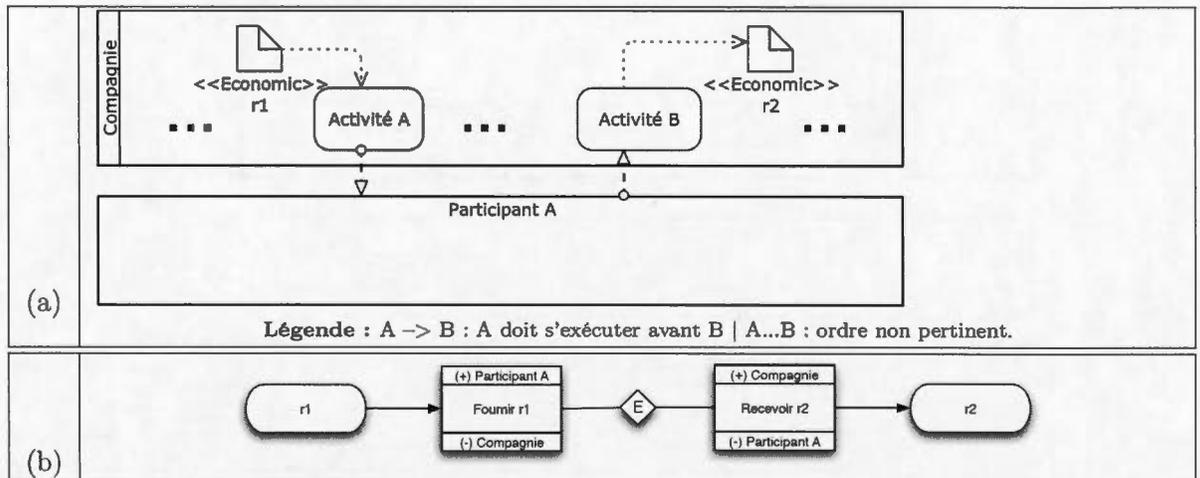


FIGURE 5.10 Motif d'échange.

5.6.2.3 Motif de sous-traitance

Il arrive qu'une compagnie souhaite déléguer, en partie ou en tout, son processus de production à une entité externe. Ceci se manifeste dans notre exemple, entre autres, lorsque la compagnie *ABC Inc.* utilise les services de sa banque pour transférer le paiement du client sur son compte bancaire en débitant la carte de crédit du client. Nous définissons la sous-traitance comme la délégation par la compagnie à l'étude d'une partie des activités à valeur ajoutée de son processus. Plus spécifiquement, nous considérons qu'il y a sous-traitance lorsqu'une même ressource (ou un ensemble de ressources) sont fournies à un partenaire externe pour être transformées, en augmentant la valeur perçue de la (des) ressource(s), puis retournée à la compagnie à l'étude. Nous tentons donc de déduire, à travers ce mouvement de ressources économiques, l'activité de conversion ayant lieu chez le partenaire (à défaut de connaître son processus privé). Le partenaire externe en question fournit généralement ce service à un coût. Par conséquent, il reçoit une ressource économique – différente – à titre de paiement. Ce motif est présenté à la figure 5.11a.

Selon Hruby (2006, p. 316-318), nous transformons un motif de sous-traitance en un ensemble de deux transactions REA : une conversion et un échange. La conversion permet

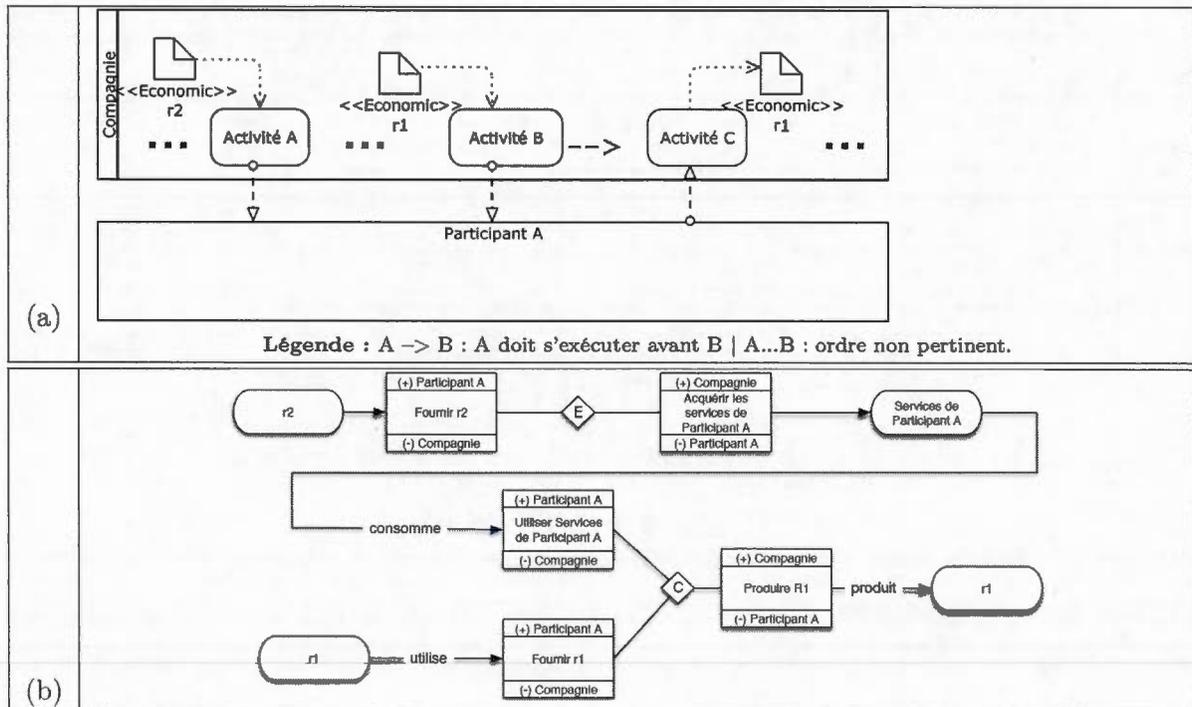


FIGURE 5.11 Motif de sous-traitance.

de représenter le traitement effectué par le partenaire sous-traitant sur les ressources économiques. Pour que cette conversion puisse être réalisée, on consomme une ressource économique qui correspond au service rendu par le partenaire. C'est d'ailleurs à ce titre que nous ajoutons un échange, permettant de représenter l'acquisition du service en échange de la ressource économique de paiement (figure 5.11b).

Nous précisons, cependant, que notre utilisation du terme *sous-traitance* est restrictive et ne correspond pas totalement à la définition d'une sous-traitance, telle que généralement observée dans la littérature et la pratique. En effet, lors d'une sous-traitance typique, on ne se contente pas seulement de modifier des ressources mais nous pouvons également créer de nouvelles ressources économiques qui « contiennent » les ressources économiques fournies. A titre d'exemple, considérons la sous-traitance de production d'un logiciel où les exigences fournies au sous-traitant sont « transformées » en du code source et un logiciel opérationnel. Dans ce cas précis, le motif de sous-traitance ne sera pas détecté et le modèle REA généré dépendra du niveau de détails du processus du partenaire dont

nous disposons. En effet, rappelons que, dans la section 5.4.2, nous avons seulement exigé que le modèle BPMN exhibe le processus privé de la compagnie à l'étude. Nous avons d'ailleurs supposé ne disposer que des processus publics ou des processus « boîte noire » de ces derniers. Dans l'éventualité où seul le processus public ou le processus boîte noire est disponible, le motif d'échange sera appliqué (exigences contre logiciel). Dans le cas où le niveau de détails du processus du partenaire permet de déceler un motif de conversion chez le partenaire, ce dernier sera appliqué ainsi qu'un motif d'échange pour la ressource de paiement. Notons d'ailleurs que, dans cet exemple, la conversion combinée au motif comportemental de dépendance de ressources s'appliqueront (voir 5.6.3.2).

Nous sommes conscients que, dans l'exemple sus-mentionné, détecter seulement un échange (exigences contre logiciel) fournit un modèle sémantiquement faux. Une solution, que nous proposons dans le cadre de nos travaux futurs, consiste à restreindre l'application de ce motif selon le type de ressources économiques impliquées (ex. : détecter un motif d'échange uniquement si l'une des ressources est de type fongible tel qu'une ressource monétaire). Ce compromis nous permet de proposer une approche simple n'impliquant qu'un nombre restreint de motifs tout en les conservant à un niveau d'abstraction suffisamment élevé pour couvrir un large éventail de processus.

5.6.2.4 Motif de location

Imaginons, pour illustrer ce motif, que la compagnie à l'étude offre des services de location de voiture à des particuliers. Pour chaque voiture louée, la compagnie perd le (*droit de*) contrôle et l' (*droit d'*) usage du véhicule lors de la période de location. En contrepartie, la compagnie reçoit (un droit de propriété sur) un paiement. Ce paiement permet de compenser la perte de l'usage et de contrôle de la compagnie ainsi que l'usure subie par le véhicule. Modéliser ces aspects dans des termes REA implique de représenter un échange, où les droits sur la voiture sont échangés contre un paiement, ainsi qu'une conversion exprimant l'altération subie par le véhicule. C'est ce que nous appelons le *motif de location* que nous identifions, dans le modèle BPMN, en détectant la

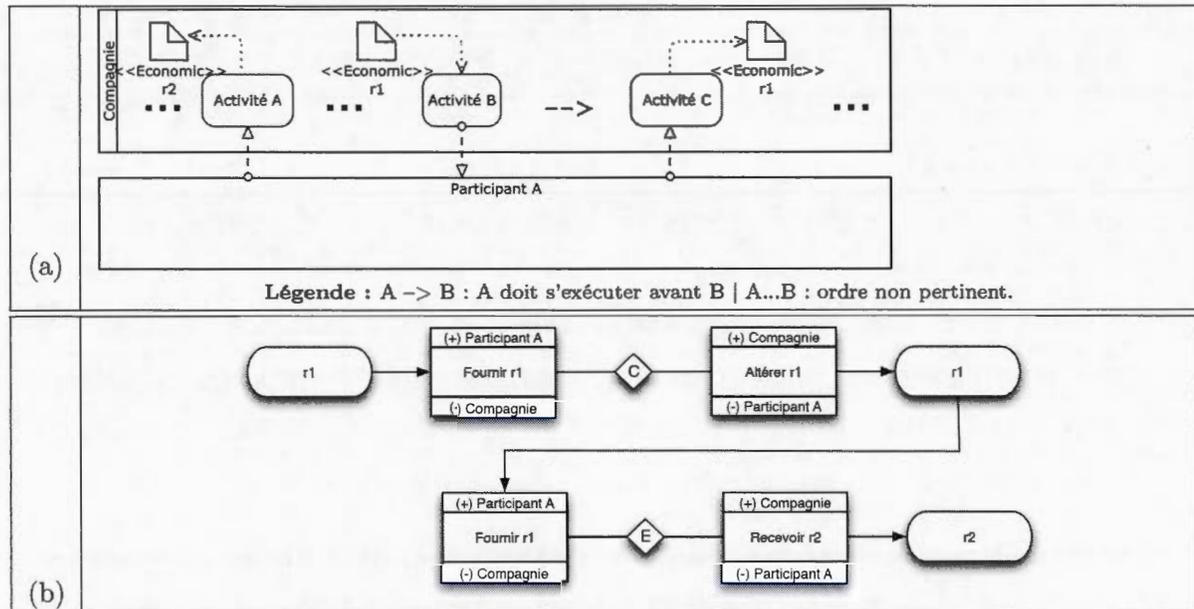


FIGURE 5.12 Motif de location.

(les) même(s) ressource(s) d'abord fournies au partenaire puis récupérées. D'un point de vue structurel, ce qui le distingue ce motif du motif de sous-traitance est la direction dans laquelle la ressource économique *de paiement* est envoyée : dans le cas d'un motif de location, elle va du partenaire vers la compagnie à l'étude tandis qu'elle va dans le sens opposé dans le cas d'une sous-traitance. La figure 5.12 illustre le motif BPMN et la transformation REA correspondante.

Notons que ce motif rappelle un des patrons reconnus par Carlson dans le cadre de ses travaux portant sur la méthode BIAIT (Carlson, 1979). Pour ce dernier, une ressource transigée entre deux entités économiques est soit *vendue* (motif d'échange), soit *louée* (ce motif).

Tel que nous le mentionnions plus haut, la conversion du modèle REA permet de représenter la perte subie par la compagnie en cédant le contrôle sur la ressource. De façon générale, nous assumons que lorsqu'une ressource économique quitte le contrôle de la compagnie, celle-ci subit des altérations. La transformation subie par la ressource dans le cadre de cette conversion en est donc une qui altère négativement la ressource

économique (c.-à-d. la valeur ajoutée est négative).

5.6.2.5 Discussion

Dans cette sous-section, nous avons présenté un ensemble de motifs qui nous permettent d'identifier et de transformer un sous-ensemble d'éléments du modèle BPMN du processus d'affaires en un ensemble de transactions REA.

Les motifs que nous présentons tentent de déduire des comportements afin de combler le manque de visibilité que nous avons sur les processus privés des partenaires. Dans l'absolu, si nous disposions de toute l'information nécessaire, seuls les motifs d'échange et de conversion seraient nécessaires, au profit d'une analyse dynamique du processus grâce à nos motifs comportementaux.

Le lecteur peut cependant se demander si les motifs présentés sont suffisants pour identifier tous les cas de figures. Comme nous l'avons déjà évoqué, nous ne prétendons pas que ces motifs soient exhaustifs mais tentons plutôt de démontrer qu'à travers un nombre limité de motifs, nous sommes en mesure de couvrir un large éventail de situations et produire des modèles REA avec des taux élevés de précision et de rappel. À ce propos, notre expérimentation empirique nous a montré que nous avons pu obtenir des modèles REA avec des taux de précision et de rappels supérieurs à 80% (voir chapitre 6).

Une autre question qu'on peut se poser concerne le manque de certaines situations symétriques aux motifs présentés. C'est le cas, notamment, du cas de la fourniture de services. En effet, tout comme une entité peut sous-traiter une partie de son processus de production, elle peut également agir, elle-même, comme sous-traitant et ainsi prendre à sa charge le processus de production de ses partenaires. Ce motif de fourniture de service représente donc le motif réciproque à la sous-traitance. Cependant, compte tenu de la visibilité dont nous disposons sur le processus privé de la compagnie à l'étude, ce motif sera détecté par les motifs de conversion et d'échange jumelés au motif comportemental de dépendance des ressources (voir 5.6.3.2).

Finalement, nous soulevons le problème des données incomplètes. En effet, un processus d'affaires ne couvre pas obligatoirement toutes les tâches nécessaires pour que nos motifs soient identifiés. Par exemple, le paiement des fournisseurs fait généralement partie d'un processus dédié à l'approvisionnement. Nous expliquons, dans la section 5.6.4.2, comment nous faisons face à cette problématique par l'introduction de ressources anonymes.

Nos motifs structurels étant des motifs généralistes de haut niveau, toutes les transactions REA obtenues le seront également. Nous devons donc spécialiser les transactions REA aux processus BPMN que nous analysons. Pour ce faire, nous allons exploiter la séquence d'exécution du processus et proposerons ce que nous avons appelé des « motifs comportementaux » que nous présentons dans la sous-section qui suit.

5.6.3 Motif comportementaux

Les patrons structurels, présentés plus haut, nous ont permis de traduire le modèle de collaboration BPMN en un ensemble de transactions économiques REA en nous intéressant seulement à la configuration structurelle du processus. Cependant, ces transactions REA obtenues peuvent s'avérer incomplètes, voir non-pertinentes. Revenons à notre exemple de la compagnie *ABC Inc.* présenté à la figure 5.2 et supposons que la compagnie puisse effectuer des commandes spéciales à son fournisseur si la référence demandée par le client n'est pas en inventaire. Supposons également que ledit fournisseur offre à *ABC Inc.* la livraison directe (*drop-shipping*). En nous appuyant seulement sur nos motifs structurels, nous allons obtenir deux ensembles de transactions REA qui traitent de la livraison, chacun faisant intervenir un partenaire différent. Or, en analysant la séquence d'exécution du processus, nous pourrions aisément percevoir que ces deux tâches ne peuvent être exécutées par la même instance du processus. Ce sont, en effet, deux chemins alternatifs exclusifs qui dépendent de la disponibilité en inventaire du produit commandé. Pour être en mesure de traiter cette situation, l'un des motifs que nous proposons – le motif des branches indépendantes (c.f. 5.6.3.1) – a justement pour objet d'identifier de tels scénarios et a pour conséquence de créer un point de divergence dans la chaîne de

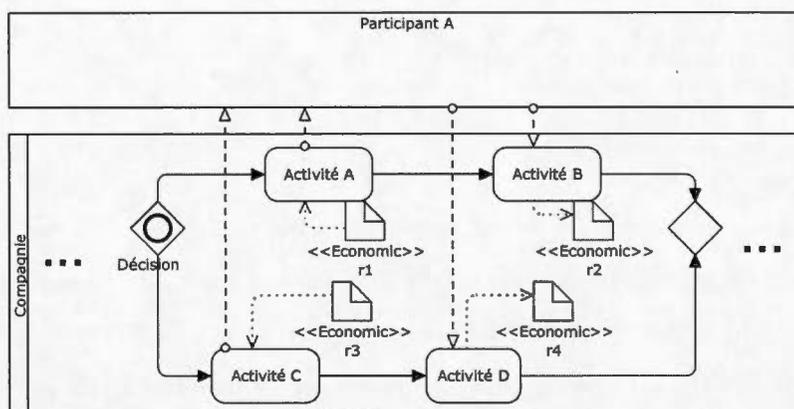


FIGURE 5.13 Exemple illustrant le motif des branches indépendantes.

valeurs.¹⁰

Nous avons donc, jusque là, fait abstraction de la séquence d'exécution du modèle. Cependant, nous pouvons tirer avantage de ces informations additionnelles qui seront spécifiques au processus analysé et nous permettront de raffiner/spécialiser les transformations REA que nous avons obtenues.

Ces motifs servent à préciser/spécialiser les résultats obtenus par les motifs structurels. Ils ne sont pas auto-suffisants et doivent se combiner à l'un de nos motifs structurels. Dans la suite, nous présentons un ensemble de quatre motifs comportementaux que nous avons identifiés. Pour chaque motif, nous énumérons les motifs structurels avec lesquels celui-ci peut se conjuguer. Notons, cependant, que cette liste de motifs comportementaux ne se veut pas exhaustive mais nous permet toutefois d'évaluer les principes de notre approche. D'ailleurs, nous considérons que la précision de notre approche devrait être améliorée en considérant davantage de motifs comportementaux.

5.6.3.1 Motif des branches indépendantes

Motifs structurels reliés : Échange

Description : Dans l'exemple donné en introduction de cette sous-section, nous évoquons le cas où nous aurions deux chemins d'exécution exclusifs dans le modèle BPMN et expliquions comment ceci peut se traduire en un ensemble de transactions REA incohérent. Nous allons illustrer ce cas plus en détails sur le modèle BPMN présenté à la figure 5.13. En appliquant nos motifs structurels, cet exemple se traduira en un échange où la *Compagnie* cède les ressources $\{r1, r3\}$ à *Participant A* en échange des ressources $\{r2, r4\}$. Cependant, la porte décisionnelle inclusive implique que, pour une instance donnée du processus, soit (1) la branche contenant *Activité A* s'exécutera, soit (2) la branche contenant *Activité C* ou soit (3) les deux branches à la fois. Ainsi, il existe des cas de figure où l'une ou l'autre des ressources ne sera pas incluse dans l'échange REA. Par contre, nous pouvons affirmer que si $r1$ est échangé alors $r2$ sera reçu en contrepartie. Nous faisons le même raisonnement pour les ressources $r3$ et $r4$. Nous créons donc deux échanges REA plutôt qu'un seul et qui diffèrent à partir d'un point de divergence là où le choix doit se produire.

5.6.3.2 Motif de dépendance de ressources

Motifs structurels reliés : Échange

Description : Considérons une compagnie manufacturière qui fabrique des pièces sur mesure pour ses clients. Les pièces étant hautement spécialisées, le processus de fabrication requiert l'implication des clients qui fournissent leur savoir-faire durant les phases de conception. Dans la figure 5.14, nous présentons une version simplifiée d'un tel processus. Comme nous pouvons l'observer, le client fournit à la compagnie *argent* et *main-d'oeuvre*

10. Un point de divergence correspond simplement à la création d'une nouvelle chaîne de valeurs qui diffère de la première à compter du point identifié. En effet, l'ontologie REA ne tient pas compte des chemins alternatifs.

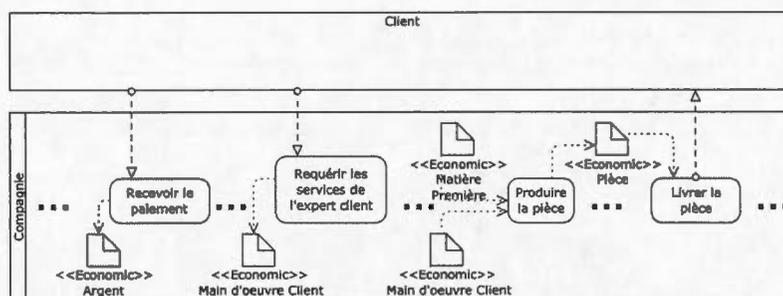


FIGURE 5.14 Exemple illustrant le motif de la dépendance de ressources.

pour acquérir une *pièce* à la fin du processus.

Dans un tel scénario, le patron structurel d'échange sera identifié et, par conséquent, produira un échange REA où l'argent et la main-d'oeuvre du client seront les ressources incrémentées par l'échange, tandis que la pièce sera décrétement. Or, en analysant la séquence d'activités du processus, nous remarquons que la main-d'oeuvre est utilisée pour produire le produit. En un sens, la main-d'oeuvre produite par le client sera « encapsulée » au sein du produit qu'il va recevoir. De ce fait, considérer la main-d'oeuvre comme une partie de l'échange masque une portion importante de la logique d'affaire. En effet, nous estimons (1) que le client a concédé un paiement en échange d'un service rendu et (2) qu'aucun transfert de propriété sur la main-d'oeuvre n'intervient lors de ce processus. Nous estimons qu'il est ainsi plus précis de représenter explicitement le service pour lequel le paiement a été fourni tout en identifiant le fournisseur de la main-d'oeuvre dans la conversion.

Lorsqu'un motif de dépendance de ressources est identifié sur un motif structurel d'échange, nous modifions les transactions REA générées selon l'algorithme suivant :

1. Dans l'échange : Les ressources faisant l'objet d'une dépendance de ressource (dans notre exemple : la main-d'oeuvre) ainsi que les événements économiques d'incrément correspondants sont supprimés de l'échange ;
2. Dans l'échange : La ressource économique fournie (la pièce) et son événement de décrétement dans l'échange sont remplacés par une nouvelle ressource correspon-

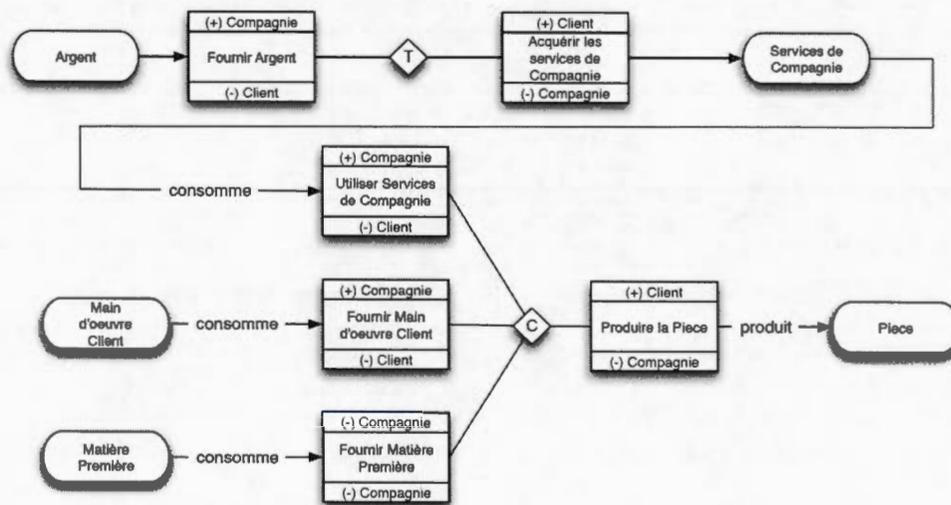


FIGURE 5.15 Chaîne de valeurs REA correspondant au processus de la figure. 5.14

dant au service fourni ;

3. Dans la conversion : La nouvelle ressource de service fournie est consommée par la conversion qui consomme la ressource faisant l'objet d'une dépendance ;
4. Dans la conversion : L'événement économique qui consomme la ressource faisant l'objet d'une dépendance de ressource est mis à jour pour refléter le fournisseur réel de la ressource (le client) ;
5. Dans la conversion : Nous reflétons le bénéficiaire réel (le client) de l'événement économique de décrémentation (Produire la pièce).

La figure 5.15 représente le résultat de l'application de ce motif sur l'exemple de la figure 5.14.

5.6.3.3 Motif de responsabilité interne

Motifs structurels reliés : Conversion et sous-traitance.

Description : Ce patron vise à préciser les rôles au sein des conversions REA produites par les motifs structurels en reflétant l'implication des membres/rôles internes d'un par-

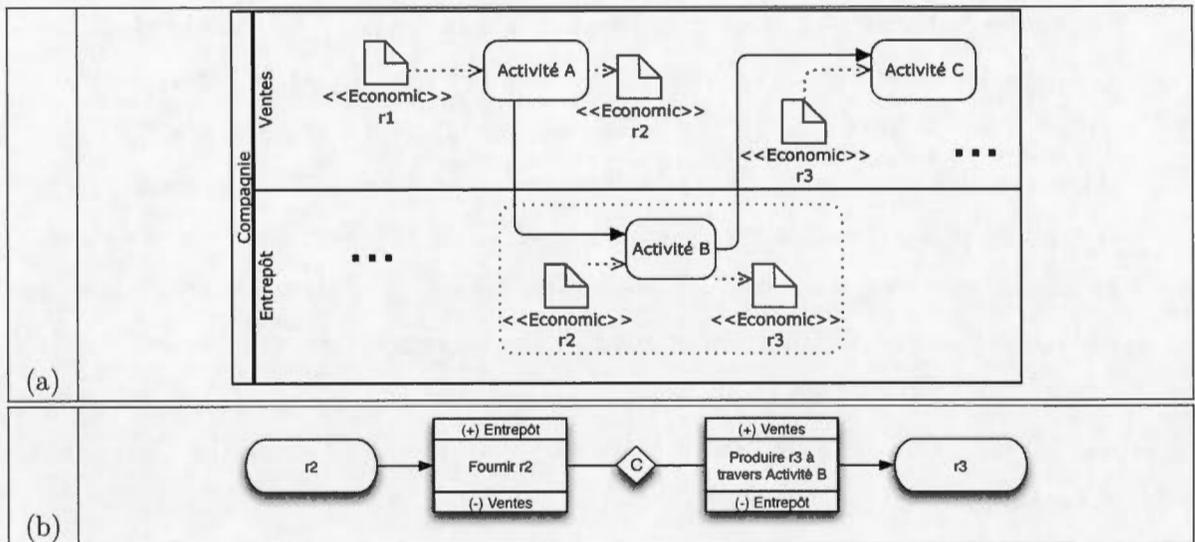


FIGURE 5.16 Exemple illustrant le motif de responsabilité interne.

(a) : Modèle BPMN ;

(b) : Transformation REA de la portion encadrée en pointillés de (a).

participant du processus. Nous allons présenter notre raisonnement par un exemple. Considérons le modèle présenté à la figure 5.16a et, spécifiquement, la portion délimitée par le cadre en pointillés. Cette portion sera identifiée comme un motif structurel de conversion où la ressource économique $r2$ est consommée pour la création de la ressource $r3$. Cependant, en appliquant la transformation dictée par le motif de conversion, le fournisseur et le bénéficiaire de chacun des événements économiques sera la *Compagnie*. Ceci est dû au fait que, dans un processus d'affaires BPMN, nous ne pouvons déterminer qui détient le contrôle sur un objet de données. En effet, et contrairement aux autres éléments (activités, événements, etc.), le placement des objets dans l'une des subdivisions du *Pool* d'un participant n'a aucune sémantique associée.

Cependant, nous estimons pouvoir déduire cette information en considérant l'association des objets de données aux différentes activités. Considérons l'*Activité B* dans notre exemple de la figure 5.16a. Cette activité étant sous la responsabilité de l'*entrepôt*, nous assumons que l'*entrepôt* est le bénéficiaire de la ressource fournie $r2$ et le fournisseur de la ressource produite $r3$. De plus, nous remarquons que la ressource économique $r2$,

une entrée de l'activité, a été « observée pour la dernière fois » comme une résultante de l'Activité A. Cette dernière activité étant sous la responsabilité du département des *Ventes*, nous pouvons affirmer que le département des ventes détenait le contrôle sur cette ressource avant que celle-ci ne soit fournie à l'entrepôt. Cette information nous permet de préciser le modèle REA produit en assignant le département des *ventes* comme fournisseur de r_2 dans le cadre de l'événement économique *Fournir r_2* . De plus, et en appliquant le même raisonnement, la ressource économique r_3 sera traitée par l'Activité C en aval de l'Activité B. Ainsi, nous pouvons affirmer que le département des ventes sera le bénéficiaire de la ressource r_3 produite. Nous reflétons l'application de ce motif dans la figure 5.16b.

5.6.4 Détection et transformation

Dans les sous-sections précédentes, nous avons présenté les principes qui fondent notre approche, à savoir un ensemble de motifs qui, une fois détectés dans un modèle BPMN, nous permettent de déduire les transactions REA correspondantes. Nous avons classé ces motifs en deux catégories : des motifs structurels et des motifs comportementaux. La première catégorie rassemble des motifs génériques de haut niveau qui nous permettent de générer des transactions REA, tout aussi génériques, et qui fournissent l'essence de la solution. La seconde catégorie de motifs tire avantage de la séquence d'exécution du processus d'affaires pour ainsi préciser et spécialiser les transactions REA produites grâce aux motifs structurels spécifiques au processus à l'étude. Par conséquent, nos motifs structurels complétés par les combinaisons permises de ces derniers avec nos motifs comportementaux constituent un ensemble étendu de motifs autosuffisants. Dans cette sous-section, nous nous intéresserons (1) à la détection de ces motifs au sein d'un modèle BPMN fourni et (2) à la génération des transactions REA selon la transformation indiquée par le motif.

Dans le cadre de la discipline de transformation de modèles, plusieurs approches ont été proposées dans la littérature. À ce sujet, le lecteur est renvoyé à l'article de revue de Czarnecki et Helsén (2003) où les auteurs étudient les différents points de variabilité

entre les approches de transformation et proposent une classification de ces méthodes. Selon cette classification, nous avons choisi d'utiliser une approche de transformation modèle-à-modèle hybride déclarative, pour la détection, et impérative pour la génération des transformations. Nous avons implémenté notre approche dans un système à base de règles et nous présenterons notre implémentation dans la section 5.8.

Un système à base de règles permet de déclarer un ensemble de faits et de laisser le soin à un engin de déclencher les règles qui correspondent aux faits déclarés. Chaque règle se compose de deux parties : une condition (ou partie gauche, *LHS*) et une conséquence (ou partie droite, *RHS*). La condition définit les différentes clauses devant être vérifiée pour que la règle s'exécute ; la conséquence décrit la séquence d'opérations devant être exécutées si la condition de la règle est vérifiée.

Tel que nous le verrons dans la section 5.8, notre base de faits se compose d'instances de classes du méta-modèle de BPMN. Les conditions de nos règles expriment nos motifs, également en utilisant les concepts du méta-modèle BPMN. Quant à la partie droite de nos règles, celle-ci décrit de façon impérative l'instanciation des différents éléments du modèle REA, en se basant sur notre méta-modèle REA, pour la création des transactions correspondant au motif.

La codification du modèle BPMN sous forme de base de faits ainsi que la génération des modèles REA ne posent aucun défi théorique particulier. Cependant, quelques problèmes restent à résoudre pour l'identification des motifs. Le premier concerne la définition d'un ordre d'application de règles en raison de la confluence de nos règles. En effet, comme nous le verrons dans la sous-section 5.6.4.1, ci-dessous, il existe plus d'une façon d'identifier nos motifs ne produisant pas nécessairement le même résultat. Nous souhaitons donc établir un ordre d'application de nos règles d'identification de motifs, sans que toutefois notre approche soit assimilée de la programmation séquentielle. Le second se rapporte aux difficultés liées aux manques d'informations dans le modèle BPMN et les ressources orphelines. Nous traiterons de ce problème à la sous-section 5.6.4.2.

5.6.4.1 Problème de non-confluence des règles

Un ensemble de règles est *confluent* si l'ordre dans lequel les règles sont vérifiées et exécutées n'a aucun impact sur le résultat final, générant ainsi invariablement le même résultat ou un résultat équivalent (?). Le problème de non-confluence des règles, entre deux règles ou plus, survient lorsque le même ensemble de faits intervient dans chacune des règles et que les règles ne sont pas parallèlement indépendantes (Corradini et al., 1996). Deux règles sont parallèlement indépendantes si la conséquence de l'une ne modifie aucun des faits dont dépend l'autre.

Nous pouvons aisément voir que nos règles d'identification des motifs ne sont pas confluentes. Considérons, par exemple, le motif de sous-traitance. Ce motif « encapsule » le motif d'échange. En effet, si l'on considère le modèle du motif à la figure 5.11, nous pouvons identifier un motif d'échange entre les ressources $r1$ et $r2$. Ainsi ces deux motifs reposent sur un ensemble commun de faits. De plus, les deux motifs ne sont pas parallèlement indépendants. En effet, admettons que la règle portant sur le motif d'échange se soit déclenchée en premier. Nous devons donc retirer de la base de faits les deux ressources $r1$ et $r2$ pour ne pas que les mêmes ressources interviennent dans plus d'un motif. En modifiant les faits de la sorte, nous empêchons l'engin de détecter le motif de sous-traitance.

Une des approches permettant de garantir la confluence des règles consiste à définir un ordre de priorité d'exécution des règles, ordre selon lequel celles-ci seront analysées puis exécutées. L'ordre choisi devra permettre de générer la plus longue chaîne de valeurs, selon l'objectif que nous nous sommes fixés et que nous avons décrit dans la section 5.3.

Nous conjecturons que nos règles doivent être exécutées en commençant par les règles identifiant les motifs les plus spécifiques et en finissant par les règles portant sur les motifs les plus généraux. Nous établissons qu'un motif A est plus spécifique qu'un motif B si le motif B inclut le motif A . En d'autres termes :

Définition 4. Soit deux motifs A et B et leurs règles de détection respectives r_A et r_B .

Alors le motif A est plus spécifique que le motif B si $condition(r_A) \implies condition(r_B)$.

Ainsi, le motif de sous-traitance est plus spécifique que le motif d'échange. De même, tout motif structurel combiné à un motif comportemental sera considéré comme étant plus spécifique que le motif structurel seul et, par conséquent, exécuté en priorité.

5.6.4.2 Problème des ressources orphelines

Revenons à notre exemple de la compagnie *ABC Inc.* (figure 5.2) et considérons les activités et ressources économiques représentées sur un fond gris foncé. Dans cette portion du modèle, la compagnie à l'étude confie à la *banque* la charge de transférer l'argent du compte de carte de crédit du client au compte bancaire de *ABC Inc.* Tel que l'on pourrait s'y attendre, ceci semble correspondre au motif de sous-traitance, excepté qu'il manquerait une ressource économique fournie par *ABC inc.* au bénéfice de la banque. En effet, nous ne pouvons imaginer la banque fournissant ce service sans frais. La pratique commune veut d'ailleurs que celle-ci facture un pourcentage du montant de la transaction. Cependant, nous pouvons imaginer que *ABC Inc.*, ayant une relation à long terme avec la banque probablement encadrée par un contrat, règle ces frais de transaction mensuellement à travers un processus d'affaires distinct (ex. : les comptes payables).

Comme nous le constatons à travers cet exemple, un processus d'affaires existe rarement en isolation mais s'intègre au sein d'un ensemble de processus d'affaires qui, collectivement, réalisent les objectifs de l'entreprise. Dans bien des cas, ceci implique qu'un échange se répartisse sur plusieurs processus d'affaires. Il en résulte qu'en analysant le processus d'affaires hors de son contexte global, certaines ressources ne soient pas affectées à un échange REA et que nous ne soyons pas en mesure d'expliquer l'implication de la dite ressource dans le processus. Dans le cas de l'exemple cité ci-dessus, le mouvement de la ressource *Argent* du processus ne sera pas pris en compte.

Tel que nous l'avions mentionné à la section 5.3, nous visons, dans cette approche, de générer le plus longue chaîne de valeurs selon les informations nous étant disponibles dans

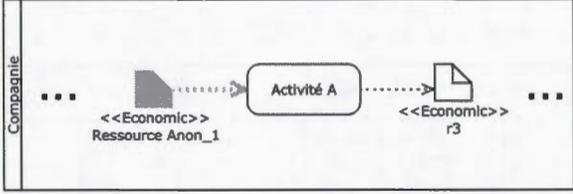
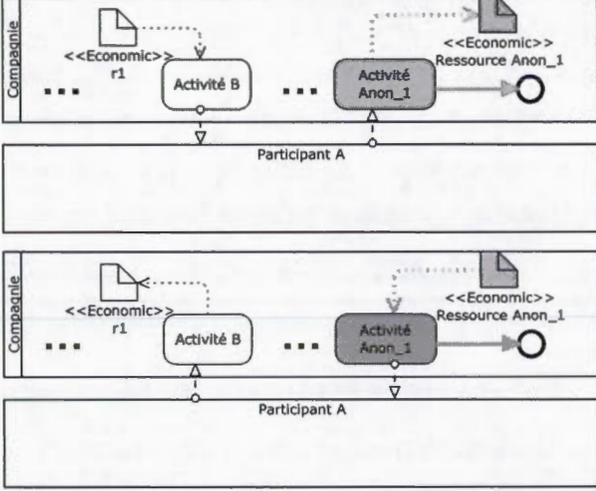
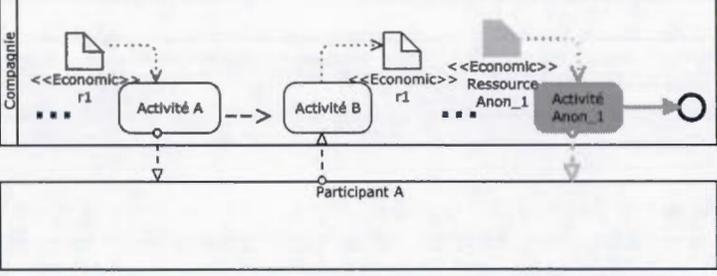
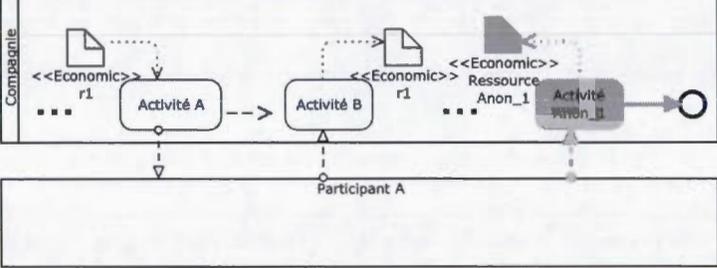
Nom du motif	Motif partiel BPMN
Conversion	
Échange	
Sous-traitance	
Location	

TABLE 5.1 Heuristique des ressources orphelines : liste des motifs partiels.

le processus d'affaires BPMN en entrée. Spécifiquement, nous souhaitons tenir compte de toutes les ressources économiques identifiées/annotées dans le processus d'affaires. Pour parvenir à considérer toutes les ressources économiques par l'application de nos motifs, nous augmentons notre ensemble de motifs structurels par une version partielle de ceux-ci qui infèrent soit (1) l'existence d'une autre ressource échangée en dehors du périmètre du processus d'affaires ou (2) une ressource économique manquante au modèle initial. Cette heuristique, basée sur les motifs partiels, vise ainsi à identifier une configuration approchante à celle de nos motifs structurels et de la compléter en y ajoutant un mouvement de ressource économique de sorte à obtenir un motif structurel complet.

Dans le tableau 5.1, nous énumérons les différents motifs structurels partiels que nous proposons. Pour chaque motif, nous mettons en évidence, sur fond gris et avec des flèches épaisses, les ajouts de ressources anonymes (et activité d'envoi/réception associés) effectués dans le modèle afin que celui-ci concorde avec le motif structurel visé. Le motif de conversion est augmenté par une ressource économique entrante à l'activité. Quant au motif d'échange, nous distinguons deux versions partielles selon que la ressource envoyée ou reçue soit manquante. Finalement, et dans le cas des motifs de sous-traitance et de location, tous deux présentent le même motif partiel et nous ne sommes donc pas en mesure de compléter le motif. Pour résoudre cette ambiguïté, nous demandons le concours de l'analyste.

Notons que les modèles partiels que nous introduisons à travers cette heuristique ne seront appliqués qu'une fois tous les motifs (non-partiels) identifiés, et ce en utilisant la même approche de spécificité des motifs présentée à la sous-section précédente. En effet, tout motif partiel est *inclus* dans le motif structurel qui lui correspond, ce qui fait que le motif structurel non-partiel est plus spécifique que le motif structurel partiel.

L'identification des motifs (structurels, comportementaux et partiels) nous a permis d'obtenir un ensemble de transactions REA qui seront les composantes de la chaîne de valeurs que nous souhaitons déduire à partir du modèle BPMN. Il nous reste donc à

constituer la chaîne de valeurs à partir de ces composantes, ce qui fera l'objet de la prochaine section.

5.7 Composition de la chaîne de valeurs

La chaîne de valeurs permet de justifier le processus d'affaires en mettant en évidence les activités menant à la création de la valeur pour l'entité à l'étude. Notamment, les ressources économiques impliquées y sont illustrées ainsi que les traitements successifs qu'elles subissent.

Dans les sections précédentes, nous avons présenté notre approche pour l'identification des transactions économiques basée sur nos motifs. Il en a résulté un ensemble de transactions unitaires qu'il convient maintenant de relier pour constituer une chaîne de valeurs globale.

Connecter les transactions REA revient à trouver, pour chaque ressource économique d'incrément r_i (c.-à-d produite par la transaction), l'échange économique ayant r_i comme l'une de ses ressources de décrétement. Cependant, une seule et même ressource peut intervenir dans plusieurs échanges au cours du processus d'affaires. Nous devons préserver une cohérence avec le processus BPMN fourni et établir un ordre de traitement des ressources économiques. Pour y parvenir, nous nous appuyons sur les deux aspects suivants :

- **Le flux de contrôle du modèle BPMN** : Le flux de ressources est relatif aux flux de contrôle. En effet, si une même ressource économique est altérée par deux activités du processus d'affaires, sa première altération doit survenir lors de la première activité exécutée selon la relation d'ordre partiel des activités définies par le flux de contrôle ;
- **Les informations de traçabilité entre les activités du modèle BPMN et les ressources économiques** : Tel que nous l'avons présenté dans la sous-section 5.5.3, chaque événement économique est relié à une activité du processus d'affaires. Nous sommes donc en mesure d'établir le lien entre une ressource économique et l'activité du processus BPMN lui correspondant.

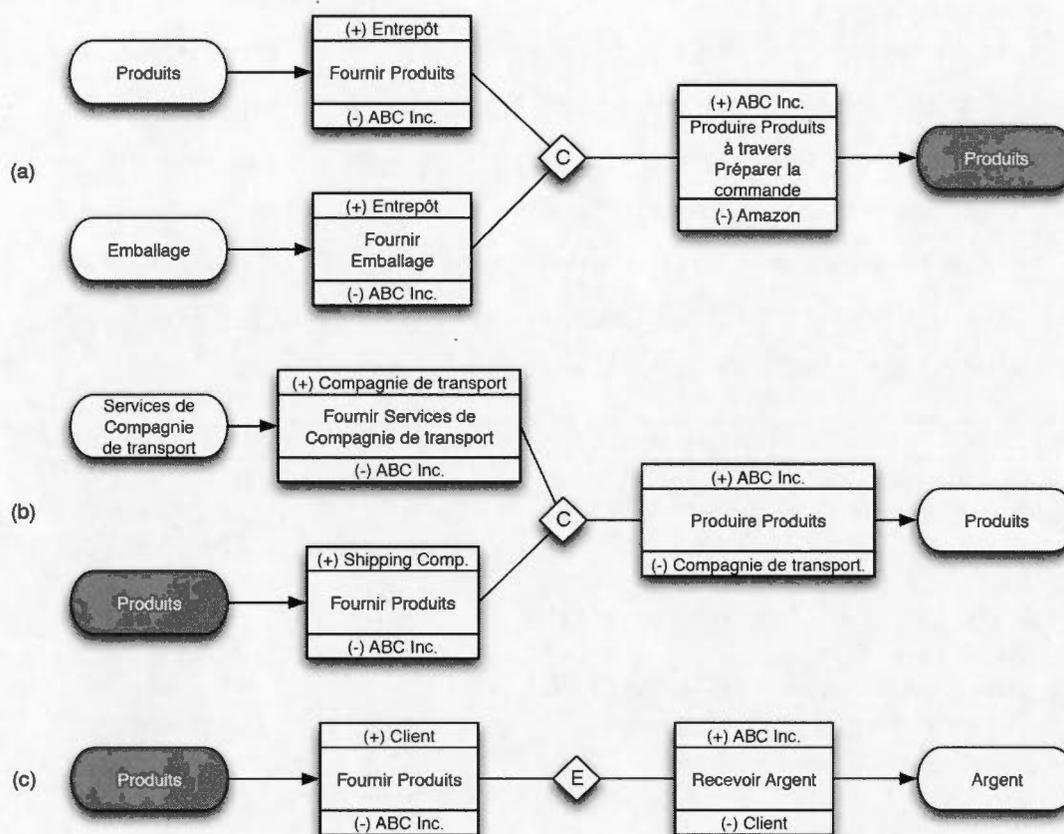


FIGURE 5.17 Exemple d'échanges produits par l'identification des motifs de la figure 5.2.

Nous présentons, dans l'algorithme 5.1, comment nous procédons à la construction de la chaîne de valeurs. Nous allons illustrer cet algorithme sur notre exemple de la compagnie *ABC Inc.* en considérant les transactions REA de la figure 5.17. Ces trois transactions sont les transactions générées selon notre approche d'identification des motifs. La première transaction (a) représente la conversion des produits après les avoir emballés. Tous les événements de cette transaction (a) sont liés par traçabilité à l'activité *Préparer la commande* du modèle de la figure 5.2. La deuxième transaction concerne la livraison du produit par la Compagnie de transport.¹¹ Nous nous intéresserons particulièrement à

11. L'échange (b) de la figure 5.17 est l'un des deux échanges qui ont été produits par le motif de sous-traitance.

l'événement économique *Fournir Produits* qui est lié par traçabilité à l'activité *Demander l'enlèvement du produit* du modèle BPMN. Finalement, la transaction (c) concerne l'échange du produit contre le paiement du client. À nouveau, nous ne nous intéressons qu'à l'événement *Fournir Produits*. Celui-ci est lié, par traçabilité, à une activité *ENV* qui a été introduite dans le processus suite au pré-traitement décrit dans la sous-section 5.6.1. Cette activité fait partie du processus de ABC Inc. et doit être exécutée après l'activité *Demander l'enlèvement du produit*.

Algorithme 5.1 : Construction de la chaîne de valeurs.

Données : M : Processus BPMN

Données : E : Ensemble d'échanges REA

Résultat : C : Chaîne de valeurs REA (Ensemble d'échanges inter-reliés)

```

1 pour chaque  $e1$  de  $E$  faire
2   pour chaque  $r1$  de  $e1.incréments$  t.q.  $r1.successeur=nil$  faire
3      $candidats \leftarrow \emptyset$ ;
4     pour chaque  $e2$  de  $E$  tel que  $e2 \neq e1$  faire
5       pour chaque  $r2$  de  $e2.décéments$  tel que  $r2.prédécesseur=nil$  et  $r1 \ll r2$  faire
6          $candidats \leftarrow candidats \cup \{r2\}$ ;
7        $min \leftarrow$  le plus petit élément de  $candidats$  selon la relation  $\ll$  ;
8        $r1.successeur \leftarrow min$ ;
9        $min.prédécesseur \leftarrow r1$ ;
10 retourner  $E$ 

```

Nous commençons par déterminer, parmi toutes les transactions, celles qui produisent une ressource économique mais n'ayant pas de transaction qui y succède (lignes 1-2 de l'algorithme 5.1). Dans notre exemple de la figure 5.17, la transaction (a) répond à ce cas de figure.

Nous cherchons maintenant les transactions pouvant succéder aux transactions identifiées. Pour y parvenir, nous considérons les variations de chaque ressource économique ; une variation étant la même ressource économique après que celle-ci ait subi un traitement quelconque. Par exemple, dans l'exemple de la compagnie *ABC Inc.*, plusieurs variations de la ressource économique *Produits* interviennent, notamment, au début du processus (aucun traitement subi), lorsqu'ils sont emballés, lorsqu'ils sont expédiés et lorsqu'ils sont livrés au client. Dans notre exemple de la figure 5.17, nous nous intéressons

rons spécifiquement aux variations de la ressource *Produits* que nous avons représentées sur un fond foncé.

Tel que décrit par notre algorithme (lignes 4 et 5), nous parcourons toutes les transactions REA ayant été générées et considérons les variations de ressources économiques d'incrément (c.-à-d. produites par la transaction) $r1$ n'ayant pas de successeur défini. Un successeur doit être une variation de la même ressource économique qui apparaît comme une ressource de décrétement (c.-à-d. consommée, utilisée ou cédée lors d'une transaction). Nous cherchons alors, parmi les autres transactions économiques, celles qui comportent une variation de ressource économique $r2$ qui n'a pas de prédécesseur et qui est supérieure selon la relation d'ordre \ll . Nous définissons cette relation d'ordre ainsi :

Définition 5. Soit deux transactions économiques $e1$ et $e2$. Soit $r1$ et $r2$ **deux variations de la même ressource économique** tel que $r1$ est un décrétement de $e1$ et $r2$ est un incrément de $e2$. Soit $evt1$ et $evt2$ les deux événements économiques de $e1$ et $e2$ (respectivement) liés aux ressources $r1$ et $r2$, respectivement. Finalement, soit $act1$ et $act2$ les deux activités du modèle BPMN ayant un lien de traçabilité avec $evt1$ et $evt2$, respectivement et soit $<$ la relation d'ordre définie par le flux de contrôle du modèle BPMN. Alors $r1 \ll r2$ ssi $act1 < act2$.

En revenant à notre exemple de la figure 5.17 et en ne considérant que les transactions présentées, les transactions (b) et (c) seront retenues comme candidates. En effet, chacune de ces deux transactions a une variation de *Produits* comme décrétement. De plus, selon les liens de traçabilité de chacun des événements économiques liés aux variations de *Produits*, nous pouvons établir que la variation de *Produits* apparaissant comme incrément (c.-à-d. produite) de la transaction (a) est \ll à la variation de *Produits* qui est le décrétement (c.-à-d. en entrée) de la transaction (b). En effet, l'activité *Préparer la commande* du modèle BPMN est toujours exécutée avant l'activité *Demander l'enlèvement du produit*. Le même raisonnement s'applique pour la transaction (c).

Parmi les variations de ressources économiques ainsi sélectionnées (ligne 6), nous retenons la plus petite selon la relation d'ordre \ll (ligne 7) et l'assignons comme successeur

de *r1* et inversement (lignes 8 et 9). En revenant à notre exemple, la variation de *Produits* qui apparaît comme décrétement de la transaction (b) est \ll que celle apparaissant comme décrétement de la transaction (c). C'est donc la variation de *Produits* de la transaction (b) qui sera retenue et la transaction (a) sera reliée à la transaction (b). Dans la figure 5.18, nous présentons le résultat de notre algorithme appliqué à toutes les transactions obtenues par identification de motifs (dont ceux de la figure 5.17). Nous mettons également en évidence, dans la figure, les différents motifs ayant été identifiés pour générer les composantes de la chaîne de valeurs.

Pour prouver la faisabilité de notre approche et son application de façon systématique, nous l'avons implémentée sous forme d'un prototype. Nous consacrons la prochaine section à la description de cette implémentation.

5.8 Implémentation

Nous avons présenté, dans les sections précédentes, les détails de mise en oeuvre de notre approche. Plus précisément, nous avons expliqué que notre approche se base sur l'identification de motifs structurels et comportementaux au sein d'un modèle BPMN annoté. Nous avons décrit, dans la section 5.6.4, comment nous envisageons détecter ces motifs et comment faire face aux problèmes de non-confluence et de ressources orphelines. Finalement, nous avons présenté, dans la section précédente, comment composer la chaîne de valeur résultante en associant les transactions correspondants aux motifs détectés.

Notre implémentation met en pratique cette méthodologie. Elle se propose de générer, à partir d'un modèle BPMN annoté et fourni en entrée, la chaîne de valeurs REA correspondante. Nous avons implémenté un prototype au sein du cadre applicatif EMF (*Eclipse Modeling Framework*) sous forme d'une application à base de règles basée sur le moteur de règles *Drools*. Nous avons déjà présenté le cadre applicatif EMF dans la sous-section 4.4.1 du chapitre précédent. Nous présentons l'engin à base de règles *Drools* dans ce qui suit. Nous donnerons ensuite les grandes lignes de notre implémentation.

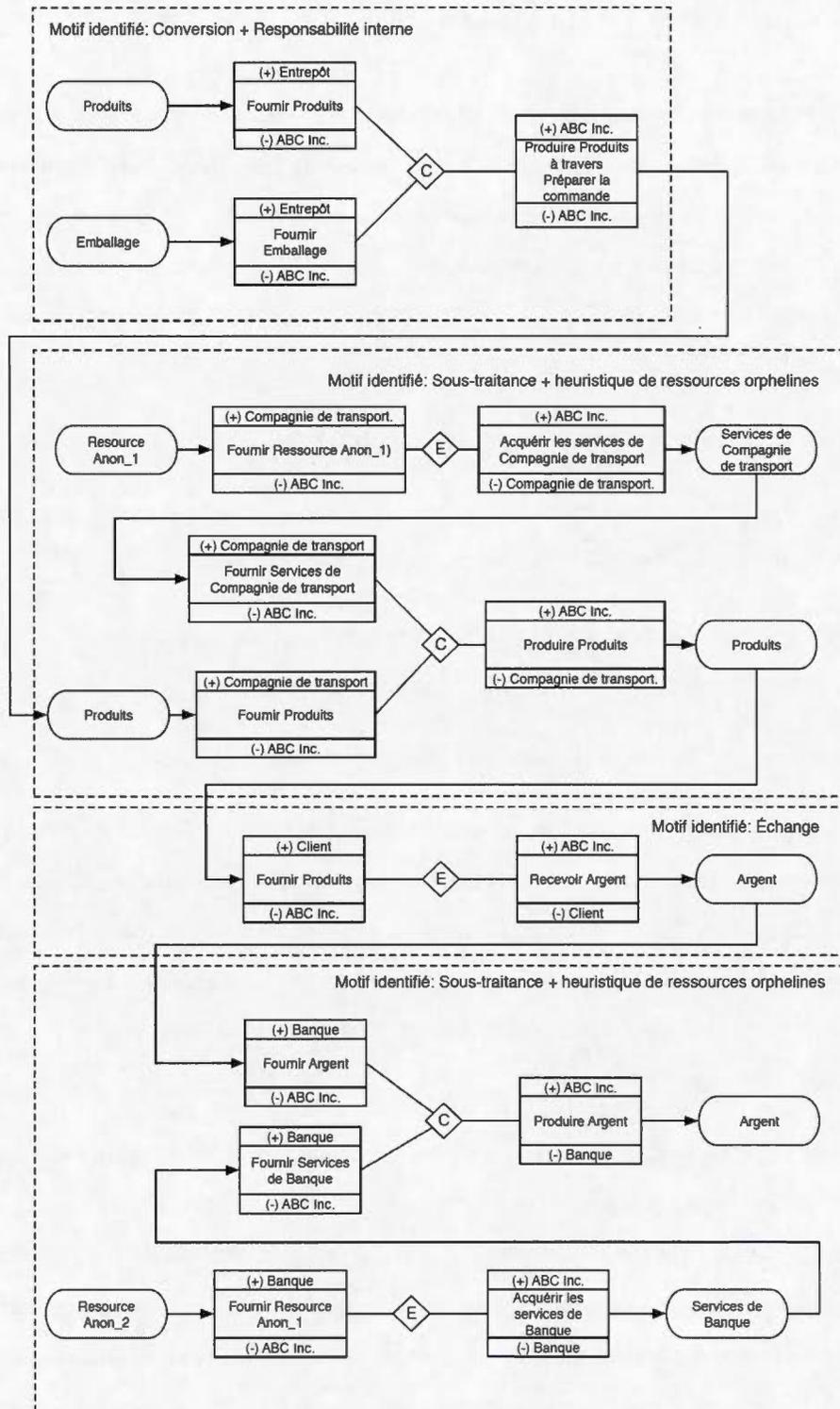


FIGURE 5.18 Chaîne de valeurs résultante obtenue après composition des transactions REA.

5.8.1 Présentation de l'engin à base de règles Drools

Drools est un gestionnaire de règles d'affaires (*Business Rules Management System* ou *BRMS*) *open source* géré et maintenu par la compagnie JBoss (2015). Initialement indépendant, il fait maintenant partie d'un écosystème intégré d'outils de développement de processus d'affaires au côté d'autres outils dont jBPM (modélisation et exécution de processus d'affaires, anciennement *Drool Expert*) et *OptaPlanner* (outil de programmation par contraintes).

Le projet *Drools* se compose de trois composantes principales :

1. *Drools Workbench* : fournit les interfaces utilisateurs dans un environnement web pour l'édition, les tests et le déploiement de règles d'affaires ;
2. *Drools Fusion* : un engin de traitement des événements complexes (*CEP*) permettant la détection, l'agrégation, et la réaction aux événements ;
3. *Drools Expert* : un engin d'exécution basé sur les règles d'affaires.

Parmi ces composantes, nous nous intéressons particulièrement à *Drools Expert*. *Expert* permet le développement d'applications basées sur des règles selon le paradigme de programmation déclarative. Il offre un plugin pour l'environnement d'Eclipse permettant son intégration dans des applications Java. Il repose sur un moteur d'inférence par chaînage avant se basant sur l'algorithme Rete de filtrage par motifs (*pattern matching*) (Forgy, 1982).

Drools Expert offre plusieurs options pour la définition des règles d'affaires. Celles-ci peuvent être écrites dans un langage de programmation tel que Java, Python ou Groovy. De plus, dans le but de permettre aux analystes d'affaires de contribuer à la production des règles, celles-ci peuvent également être écrites en utilisant des langages spécifiques aux domaines (*Domain Specific Language, DSL*) ou des tables décisionnelles.

Une règle en *Drools* se compose de deux parties : la condition (communément appelée : *partie gauche*) et la conséquence (*partie droite*). Chaque règle adopte la syntaxe suivante :

when {condition} then {action}

Le moteur d'exécution utilise une mémoire de travail contenant la base de faits initiaux ainsi que les faits produits suite à l'exécution des règles. Il procède à l'analyse des conditions de règles pour identifier celles devant être ajoutées à son agenda d'exécution. Une règle est ajoutée à l'agenda s'il existe des faits dans la base de faits qui vérifient la condition de la règle. L'engin procède, par la suite, à l'exécution des conséquences des règles de l'agenda.

Par défaut, l'ordre d'exécution des règles de l'agenda d'exécution n'est pas défini et ne peut être prédit. Cependant, pour traiter certaines problématiques, il peut être nécessaire de définir un ordre. C'est notamment le cas de notre approche (c.f. 5.6.4.1). À cet effet, *Drools Expert* offre un mécanisme à deux niveaux permettant de définir un ordre à gros grains. Dans le premier niveau, nous trouvons les flux de règles (voir figure 5.19). Ceux-ci permettent de créer des groupes de règles et de définir un ordre d'exécution séquentiel sur ces groupes tel qu'un flux de travail (*workflow*). Le second niveau est la priorité des règles au sein d'un groupe. Les priorités peuvent être définies pour chacune des règles. Ce mécanisme permet de regrouper les règles d'un même groupe par ordre de priorité et ainsi influencer l'ordonnancement des règles de l'agenda.

Nous passons en revue, dans la sous-section suivante, la manière dont nous exploitons cet outil pour implémenter notre approche de génération de la chaîne de valeurs.

5.8.2 Vue globale de l'implémentation

Nous avons mis en oeuvre notre approche en développant un prototype sous la forme d'une application à base de règles. Le choix de la méthode déclarative pour l'identification de nos motifs nous permet de profiter de la facilité d'exprimer les motifs et de la robustesse et l'efficacité d'un engin à base de règles. En effet, selon cette méthode, il nous suffit d'écrire les conditions des règles (partie gauche, *LHS*) qui correspondent à la

composition de nos motifs. Dans la partie droite de la règle, nous précisons la séquence d'opérations permettant de créer la (les) transaction(s) REA correspondant au motif. Nous insérons ensuite les composants du modèle BPMN fourni en entrée dans la base de faits de l'engin. Si la base de faits contient un des motifs exprimés, l'engin déclenche la règle correspondante.

Dans ce qui suit, nous décrivons le fonctionnement de notre implémentation. Nous commencerons par expliquer comment nous constituons notre base de faits. Ensuite, nous présenterons le fonctionnement global de notre prototype à base de règles en présentant comment nous regroupons les règles ainsi que l'ordre dans lequel les groupes sont invoqués. Pour finir, nous donnerons un aperçu de la façon dont nous exprimons nos motifs à l'aide des règles à travers un exemple.

5.8.2.1 Construction de la base de faits

La base de faits contient une représentation de notre modèle BPMN fourni en entrée. Plus spécifiquement, elle se compose d'instances des classes du méta-modèle BPMN (Object Management Group (OMG), 2011). À ce titre, nous utilisons le plugin BPMN2 d'Eclipse qui fait partie du projet *BPMN2 Modeler* (Eclipse Foundation, a). Ce plugin implémente le méta-modèle BPMN au sein du cadriciel EMF. L'extrait de code de l'algorithme 5.2 détaille la construction de la base de faits.

Nous commençons par insérer tous les messages échangés entre les participants (ligne 1). Nous itérons ensuite sur chacun des processus de la collaboration BPMN et, pour chaque processus, nous insérons les noeuds du processus (activités, portes et événements), les associations et les ressources économiques qui y figurent (lignes 4-6). Finalement, les associations entre les noeuds du processus et les ressources économiques sont insérées à leur tour dans la base de faits (lignes 7-10).

Maintenant que notre base de faits initiale est construite, nous sommes prêts à entamer l'analyse des règles en déclenchant le flux de règles (lignes 13-15). Nous explicitons le

Algorithme 5.2 : Construction de la base de faits.

```

1 DroolsUtils.insertAllInWMem(ksession, collaborationAdpt.getMessageFlows());
2 for(ProcessAdapter process : collaborationAdpt.getProcesses()){
3     ksession.insert(process);
4     DroolsUtils.insertAllInWMem(ksession, process.getFlowNodes());
5     DroolsUtils.insertAllInWMem(ksession, process.getAssociations());
6     DroolsUtils.insertAllInWMem(ksession, process.getResources());
7     for(FlowNodeAdapter fn : process.getFlowNodes()){
8         DroolsUtils.insertAllInWMem(ksession, fn.getDataInputAssociations());
9         DroolsUtils.insertAllInWMem(ksession, fn.getDataOutputAssociations());
10    }
11 }
12 ...
13 ksession.startProcess("bpmn2rea-rulesflowprocess");
14 ksession.fireAllRules();
15 ksession.dispose();

```

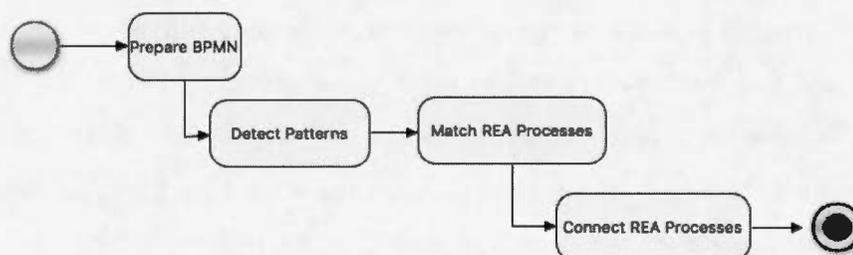


FIGURE 5.19 Groupes de règles et leur flux d'application par Drools (rule-flow.rf).

contenu de ce flux dans le paragraphe qui suit.

5.8.2.2 Flux d'exécution des règles

Tel que mentionné précédemment, notre prototype est implémenté de façon entièrement déclarative (c.-à-d. basé uniquement sur des règles). Nous avons regroupé nos règles en quatre groupes, qui sont invoqués séquentiellement, en utilisant la fonction de flux de règles (*Rule Flow*) de *Drools*. La figure 5.19 présente le flux de règles tel que défini dans l'environnement d'Eclipse. Comme nous pouvons le constater dans la figure ci-dessus, nos règles sont organisées selon les groupes suivants :

- **Préparation du modèle** : un ensemble de règles qui transforment le modèle initial pour en faciliter le traitement dans les groupes subséquents. La principale transformation concerne la suppression des messages entre participants externes, que nous avons décrite à la section 5.6.1. D'autres traitements sont également effectués, tels que le remplacement des associations de flux de ressources liées aux associations de flux de contrôle. Ces associations, utilisant une notation abrégée BPMN (Object Management Group (OMG), 2011, p. 224-225) qui combine à la fois un *DataInputAssociation* et un *DataOutputAssociation*, sont remplacées par les deux associations explicites.
- **Détection des motifs** : ce groupe de règles constitue le noyau principal du prototype et est en charge de la détection des motifs structurels présentés dans la section 5.6.2. Nous passerons en revue un exemple de règles de détection de patron structurel dans le paragraphe suivant. Une fois un motif détecté, celui-ci est ajouté à la base de règles et sera traité par le prochain groupe.
- **Association des processus REA** : les motifs ayant été détectés et insérés dans la base de règles sont traités pour générer les objets qui constituent la transaction REA et insérés à leur tour dans la base de faits.
- **Composition de la chaîne de valeurs** : finalement, les transactions REA comprises dans la base de faits sont reliées selon la méthode décrite à la section 5.7.

5.8.2.3 Codification des motifs : un exemple de règle

Les règles de détection des motifs de notre approche adoptent la structure suivante :

- La partie gauche (la condition) codifie la configuration du motif ;
- La partie droite (la conséquence) insère un objet dans la base des faits correspondant au motif détecté.

Nous recensons, dans l'annexe 2, l'ensemble des règles de détection de motifs que nous avons implémentées et nous présentons, dans ce paragraphe, la règle de détection du motif de conversion (voir algorithme 5.3).

La partie droite de la règle (lignes 2-7) permet d'identifier, dans notre base de faits, un

Algorithme 5.3 : Exemple de règle : motif de conversion.

```

1 when
2   $node: FlowNodeAdapter( )
3   exists ItemAwareElementAdapter( patternIAEBelongsTo == null)
4     from $node.inflowResources
5   exists ItemAwareElementAdapter( patternIAEBelongsTo == null )
6     from $node.outflowResources
7 then
8   ConversionPattern conversion = new ConversionPattern();
9   conversion.setCompanyUnderStudy($node.getProcess().getParticipant());
10  for(ItemAwareElementAdapter resource: $node.getInflowResources())
11    if(resource.getPatternIAEBelongsTo()==null){
12      conversion.addReceivedResource(resource);
13      update(resource);
14    }
15
16  for(ItemAwareElementAdapter resource: $node.getOutflowResources())
17    if(resource.getPatternIAEBelongsTo()==null){
18      conversion.addProducedResource(resource);
19      update(resource);
20    }
21  insert(conversion);
22 end

```

noeud du processus BPMN (*\$node*) ayant au moins une ressource économique en entrée (lignes 3-4) et au moins une ressource économique en sortie (lignes 5-6). Cependant, une ressource économique ne peut être utilisée pour l'identification de plus d'un motif. Ainsi, seules les ressources n'ayant pas été préalablement associées à un motif sont retenues (*patternIAEBelongsTo == null*).

Si un tel motif est présent dans la base de faits, la règle procède à la création d'un objet correspondant au motif de conversion (ligne 8) qui sera inséré, à la fin du traitement, dans la base de faits (ligne 21). Finalement, les ressources économiques ayant permis l'identification du motif sont associées au motif en question (lignes 10-20) pour empêcher que celles-ci ne soient incluses dans plus d'un motif.

5.9 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une approche semi-automatisée permettant de construire la chaîne de valeurs, exprimées en REA, à partir d'un modèle de processus d'affaires exprimé en BPMN. Nous avons montré que cette méthode, au-delà de son intérêt pour notre thèse dans la génération de l'entrée de notre approche de compensation, peut s'appliquer à plusieurs cas d'utilisation, notamment, l'alignement de modèles.

La principale contribution de ce travail consiste à l'identification d'un ensemble motifs de haut niveau à partir desquels nous sommes en mesure de déduire la chaîne de valeurs, en faisant abstraction du domaine d'affaires dans lequel s'inscrit le processus considéré. Ainsi, devant la grande variabilité des processus d'affaires, nous sommes en mesure d'extraire la chaîne de valeurs en reposant sur un nombre limité de motifs génériques. À ce propos, nous avons validé empiriquement notre approche (cf. chapitre 7) et les résultats obtenus en confirment les principes.

Tel que mentionné à quelques reprises au long de ce chapitre, nous n'affirmons pas que les patrons présentés, autant structurels que comportementaux, soient exhaustifs. En effet, nous prétendons seulement que, à travers ce nombre restreint de motifs, la majeure partie de la chaîne de valeurs peut être déduite avec une précision acceptable. Bien que d'autres motifs puissent être ajoutés, nous estimons que le nombre de motifs structurels demeurera dans le même ordre de grandeur. En effet, au niveau d'abstraction auquel nous considérons le processus et au nombre de concepts devant être déduits, le nombre de combinaisons des paramètres que nous considérons demeure restreint.

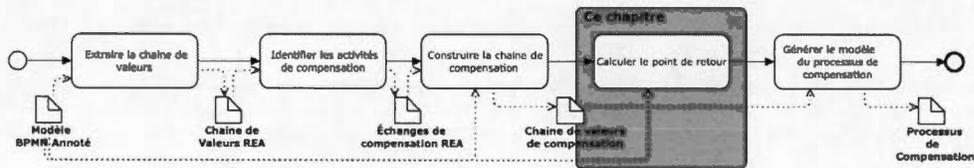
Grâce à ce travail, nous avons amélioré notre approche globale de modélisation de la compensation en améliorant son utilisabilité. En effet, la chaîne de valeurs, un pré-requis de notre approche présentée au chapitre 3, peut maintenant être obtenue de façon semi-automatisée. Dans le chapitre suivant, nous continuons sur notre lancée et tenterons d'améliorer davantage notre solution pour la modélisation des processus de compensation en proposant une méthodologie permettant de construire des compensations partielles.

CHAPITRE VI

CALCUL DU POINT DE RETOUR ET DU PÉRIMÈTRE DE LA COMPENSATION

Calculer et générer les modèles de compensation, tel que nous l'avons proposé dans le chapitre 3, nous permet de rétablir le processus d'affaires dans un état initial en annulant tout ce qui a pu se produire durant l'exécution du processus. Cependant, il n'est souvent pas optimal ni désirable d'annuler l'intégralité du processus. En effet, nous pourrions souhaiter rétablir le processus à un point antérieur, tel qu'il soit possible de reprendre l'exécution après avoir corrigé l'erreur ayant provoqué son avortement. Dans ce chapitre, nous nous intéresserons à cette problématique et souhaitons déterminer quelle portion du processus nous devons compenser sans l'annuler intégralement. Nous appelons cette portion le **périmètre de la compensation**.

Après avoir présenté la problématique dans la première section, nous donnerons un aperçu de notre approche et expliquerons comment elle s'intègre dans notre travail global de modélisation de la compensation (section 6.2). Notre approche se décompose en deux étapes. Dans la première, nous identifions les activités du processus d'affaires pouvant être reliées à l'erreur observée. Nous procédons par analyse de flux de données en utilisant la technique du tranchage (slicing) et proposons un algorithme de tranchage de processus dans la section 6.4. L'étape de tranchage nous fournit un ensemble de points de retour candidats. Dans la seconde étape (section 6.5), nous proposons des heuristiques nous permettant d'éliminer des points de retour non pertinents et d'optimiser le résultat en classant les points de retours. Pour être en mesure d'analyser le processus et effectuer le tranchage, nous devons être capables d'exprimer formellement autant la sémantique des activités que l'erreur ayant provoqué l'interruption du processus. À ce titre, nous proposons, dans la section 6.3, d'étendre le langage BPMN en permettant l'ajout de contraintes (pré-condition, post-condition) exprimées en langage OCL.



6.1 Problématique

Nous avons décrit, au chapitre 4, notre méthodologie pour calculer les activités de compensation en nous basant sur une vue métier du processus d'affaires. Nous avons également décrit comment, à partir de l'ensemble d'activités de compensation obtenues, nous construisons la chaîne de valeurs du processus de compensation. Cette chaîne de valeurs décrit les traitements nécessaires pour rétablir le processus d'affaires à *son état initial*. Ceci servira, ultimement, à générer un processus d'affaires de compensation (séquentiel ou déclaratif).

Cependant, dans plusieurs circonstances, rétablir le processus systématiquement à son état initial peut ne s'avérer ni pratique, ni désirable. Considérons, à titre d'exemple, notre processus de vente et distribution de la compagnie *ABC Inc.* illustré à la figure 1.1 (p. 4) et supposons que le colis ait été livré à la mauvaise adresse nécessitant l'avortement du processus. Nous pourrions compenser le processus d'affaires en le rétablissant à son état d'origine, en récupérant le colis, annulant la commande et en demandant au client de repasser sa commande. Bien que ceci permette de rétablir le système dans un état stable, il paraît inconcevable, d'un point de vue métier, de demander au client de repasser sa commande. En effet, nous serions mieux avisés de ré-expédier le colis au client une fois que celui-ci aura été récupéré.¹

Ainsi, un aspect fondamental de la composition des processus de compensation consiste en l'identification d'un point, au sein du processus initial, auquel le processus devrait être rétabli suite à l'avortement du processus. Ce point, que nous appelons le *point de retour*,

1. Il serait plus efficace d'expédier un autre colis au client sans attendre le rapatriement du premier colis, mais ceci implique un processus de gestion d'erreurs pré-établi.

est identifié à *l'exécution* en fonction de l'erreur observée, et doit nous permettre de rétablir le processus dans un état stable en vue d'en reprendre l'exécution. En l'occurrence, il doit correspondre à une position dans le processus où nous pouvons soit (1) corriger l'erreur s'étant produite puis en reprendre l'exécution, soit (2) offrir un chemin alternatif qui permettrait de terminer correctement le processus.

Le problème d'identification du point de retour est complexe. En effet, nous devons tout d'abord être en mesure d'exprimer, de façon non-ambiguë, l'erreur ayant causé l'avortement du processus. Nous devons également pouvoir relier cette erreur aux noeuds du processus (activités) ayant pu causer cette erreur. Ceci implique que nous puissions exprimer, formellement, à la fois l'erreur qui est survenue ainsi que le comportement des différentes activités du processus d'affaires.

Une fois le processus formalisé, identifier les noeuds du processus pouvant être candidats comme points de retour constitue un autre défi. En effet, nous pourrions être tentés de croire que l'erreur s'est produite au niveau de l'activité où le processus s'est interrompu. Cependant, il n'y a pas nécessairement de corrélations entre l'instant où l'erreur se produit et l'erreur ayant été observée. Notre exemple de l'erreur de livraison, mentionné plus haut, en est un exemple : si l'erreur de livraison n'est constatée qu'au moment de la livraison, celle-ci aurait néanmoins pu être causée lors de la préparation du colis en collant la mauvaise adresse (début du processus). De plus, un processus d'affaires se compose généralement d'une multitude de branches, à la fois parallèles et alternatives, toutes pouvant comporter des candidats ayant possiblement causé l'erreur observée. Il nous incombe donc de déterminer, avec précision, quels noeuds, parmi les noeuds en amont du point d'interruption, auraient pu causer l'erreur.

Finalement, il convient aussi d'optimiser l'approche pour être en mesure de déterminer les meilleurs points de retour parmi les candidats. En effet, pour tout processus d'affaires, l'événement de début du processus constitue toujours un point de retour valide, ayant pour conséquence d'annuler l'intégralité du processus. Or, bien que nous voudrions éviter de choisir le début du processus comme point de retour, celui-ci ne peut être éliminé des

candidats potentiels dans l'éventualité où aucun point de retour satisfaisant ne puisse être trouvé. Nous devons donc non seulement établir les critères selon lesquels les points de retour devraient être comparés, mais également déterminer comment appliquer ces critères dans la sélection des points de retour appropriés.

Dans ce chapitre, nous proposons une approche basée sur des techniques de génie logiciel, telles que l'analyse de flux de données et le tranchage de programmes (*program slicing*), permettant l'identification des points de retour dans un processus d'affaires compte tenu d'un état erroné ayant été observé. La section suivante donne un aperçu général de l'approche.

6.2 Aperçu de l'approche

Dans le contexte de ce travail portant sur le calcul du périmètre de la compensation, notre objectif est d'identifier un ensemble d'activités, au sein du processus d'affaires, auxquels le processus pourrait être rétabli lors de la compensation suite à une erreur donnée. Nous appelons ces activités *les points de retour* que nous définissons ainsi :

Définition 6. Un point de retour p d'un processus, pour une erreur et un point d'interruption dans le processus donnés, est une activité du processus d'affaires ayant la capacité de modifier son résultat initial de telle sorte qu'en rétablissant le processus à son état avant p , nous soyons en mesure de corriger l'état erroné observé soit (1) en suivant le même chemin vers le point d'interruption ou (2) en prenant un chemin alternatif vers le point d'interruption.

Ainsi, le point d'erreur peut être toute activité se situant en amont du point où l'exécution du processus d'affaires s'est interrompue. Contrairement au chapitre 4, où nous nous intéressions au modèle de collaboration dans son ensemble, nous ne considérons ici que le processus de l'entité à l'étude (c.-à-d. un participant au processus). Tel que mentionné au chapitre 3, nous disposons du processus privé de l'entité à l'étude (c.f. 3.1).

Avant de donner les grandes lignes de notre approche, nous présentons un exemple illustratif auquel nous aurons recours tout au long de ce chapitre. Nous décrirons brièvement, ensuite, les grandes étapes de notre méthode.

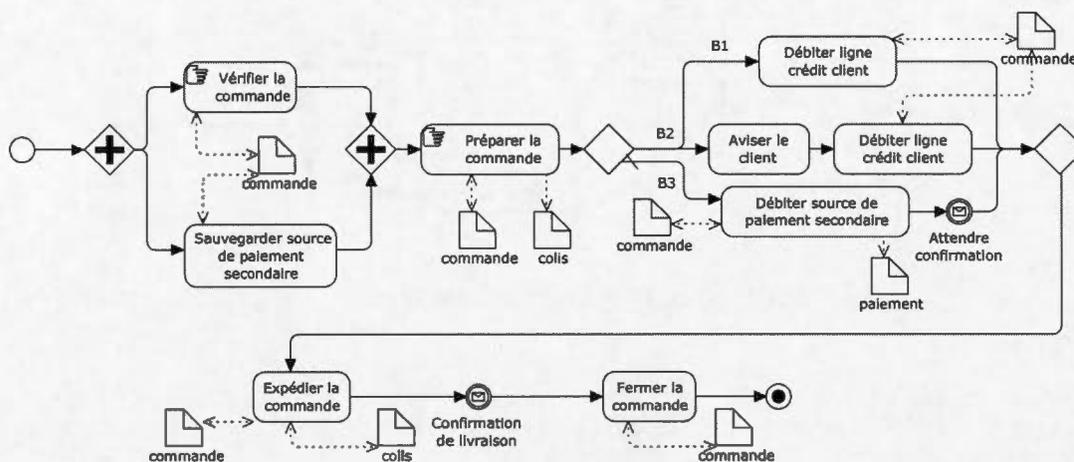


FIGURE 6.1 Exemple illustratif pour le calcul du point de retour.

6.2.1 Exemple de processus

Dans la suite de ce chapitre, nous utiliserons le processus de vente et distribution de la figure 6.1 pour fins d'illustration. Ce processus est semblable au processus de la compagnie *ABC Inc.*, que nous avons introduit à la section 1.1.3 (p. 3), mais nous y ajoutons des détails nous permettant de mieux illustrer notre approche.

Le processus commence par la réception d'une commande de la part du client. La commande du client comporte également des informations portant sur une source de paiement secondaire, qui sera utilisée si la marge de crédit en magasin du client n'est pas suffisante pour honorer la commande. Deux tâches parallèles sont ensuite déclenchées. La première est une tâche manuelle où l'on vérifie la commande pour s'assurer que les produits commandés sont bien en inventaire. Si des produits ne sont pas en inventaire, ceux-ci sont retirés de la commande et le client est notifié. La seconde activité vérifie la validité des informations de paiement secondaire (typiquement, une carte de crédit) puis les consigne dans la fiche du client. Ensuite, la commande est emballée et préparée pour expédition. Le paiement de la commande est ensuite traité selon l'un de trois cas de figures. Dans la cas où la marge de crédit du client est suffisante pour payer l'intégralité de la commande (branche B1 de la figure 6.1), celle-ci est débitée et la commande se

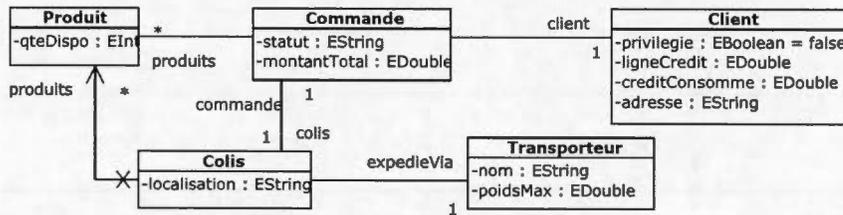


FIGURE 6.2 Modèle informationnel.

poursuit. Dans le cas où la limite de crédit serait insuffisante mais sans que le dépassement n'excède 25% et que le client soit un client privilégié (B2), la marge de crédit est débitée après que le client en ait été avisé. Si aucune de ces conditions n'est satisfaite, le paiement est effectué en utilisant la source de paiement secondaire du client. Une fois le paiement traité, la commande est expédiée au client. Le processus est alors interrompu jusqu'à la réception d'un message de confirmation de livraison, suite auquel la commande est fermée et le processus complété avec succès.

Tel que le montre le modèle de la figure 6.1, le processus manipule plusieurs objets de données. Ces objets de données sont définis dans la vue informationnelle (simplifiée) du processus d'affaires que nous présentons sous forme d'un modèle UML dans la figure 6.2. Tel que nous pouvons l'observer sur la figure, une commande est associée à un client. Une commande est également reliée à la liste des produits qui la composent. À chaque commande correspondra un colis, lui-même associé aux produits qu'il contient, et au transporteur en charge de le livrer.

Dans la sous-section suivante, nous utiliserons cet exemple pour illustrer l'aperçu global de notre approche.

6.2.2 Principales étapes de l'approche

Lors du calcul du point de retour, nous nous plaçons dans le contexte d'exécution d'une *instance* du processus d'affaires où une erreur s'est produite ayant mené à l'interruption du processus. Ainsi, en plus du modèle du processus d'affaires, nous supposons que

nous disposons des informations suivantes :

- *Le point d'interruption*, qui correspond au dernier noeud du processus d'affaires (c.-à-d. activité, événement ou porte) ayant été rencontré lors de l'exécution de l'instance du processus. Ceci inclut le noeud en cours si l'exécution s'est interrompue au milieu de l'exécution d'une activité ou lors de l'attente qu'un événement se produise.
- *La cause d'interruption*, qui exprime, de façon non-ambigüe, la raison ayant provoqué l'interruption du processus.

Notre approche pour calculer le point de retour repose sur notre capacité de distinguer, parmi les activités du processus d'affaires en amont du point d'interruption, celles pouvant être reliées à l'erreur observée. En d'autres termes, nous souhaitons identifier les activités du processus dont le comportement, s'il déviait du comportement attendu, aurait provoqué l'interruption.

En reprenant notre exemple de la figure 6.1, et en supposant que le processus se soit interrompu en raison d'une livraison à la mauvaise adresse, il paraît évident que l'activité d'expédition du colis ainsi que l'activité de préparation du colis auraient pu causer cette erreur. La première laisse supposer que le transporteur se soit trompé d'adresse, tandis que la seconde laisse penser que la mauvaise adresse aurait été collée sur le colis. Il paraît tout aussi évident que les activités liées au paiement de la commande ne soient pas en cause dans l'erreur observée.

Ainsi, nous cherchons à filtrer les activités du processus en ne gardant que celles pouvant être reliées à l'erreur. Ceci est une problématique qui est bien connue en génie logiciel, notamment lorsque nous souhaitons débusquer une portion de code causant un *bug* : le tranchage de programme (*program slicing*). Cette technique repose sur une analyse de flux de données et vise à identifier les instructions du programme ayant pu influencer la valeur d'une variable à une position donnée du flux d'exécution. Dans notre approche, nous appliquerons la technique de tranchage que nous transposerons au contexte des processus d'affaires. Nous présenterons brièvement la théorie portant sur le tranchage de programmes ainsi que notre méthodologie de tranchage de processus dans la section

6.4.

Cependant, pour être en mesure d'effectuer le tranchage de processus, nous devons être en mesure d'exprimer le comportement des activités du processus d'affaires ainsi que l'erreur survenue. La spécification actuelle du langage BPMN ne fournit aucun mécanisme pour définir la sémantique des noeuds du processus. Nous proposons alors une extension du langage BPMN nous permettant de munir les éléments du processus d'une définition comportementale formelle. Nous définissons le comportement d'un noeud du processus à travers un ensemble de contraintes exprimées sous forme de pré-conditions et de post-conditions en utilisant le langage OCL (Object Management Group, 2014). Dans l'état actuel de notre approche, ces contraintes sont spécifiées manuellement par l'analyste et se font relativement à la vue informationnelle du processus. L'erreur observée est également exprimée en OCL. Nous décrivons cette extension dans la section 6.3.

Le résultat obtenu, suite au tranchage du processus, nous permettra de simplifier le problème d'identification des points de retour en éliminant de l'espace de la solution ceux qui ne sont pas pertinents. Parmi l'ensemble des résultats, nous sélectionnerons ceux qui représentent un point de retour valide. Dans le cas où plusieurs le sont, nous les classerons selon un ensemble de mesures heuristiques que nous proposerons. En effet, devant l'éventualité de plusieurs points de retours candidats, certains seront moins intéressants que d'autres selon des critères métier. Nous laisserons donc à l'analyste de décider des critères de classement des points candidats.

Ainsi, le résultat de notre approche consistera en un ensemble de points de retour candidats, classés par ordre de pertinence et à partir desquels l'opérateur du processus sera en mesure de choisir le point de retour. Le choix du point de retour permet donc de définir le périmètre de la compensation, à savoir l'ensemble d'activités entre le point d'interruption et le point de retour qui devront être compensées avant d'entamer la ré-exécution du processus. Cependant, le lecteur est en droit de se demander comment ce travail s'intègre concrètement avec notre problématique de modélisation de la compensation qui constitue l'objet de cette thèse. Particulièrement, nous sommes en droit de

nous demander comment l'identification des points de retour bénéficie aux modèles de compensation déjà obtenus selon l'approche présentée au chapitre 4. Nous répondons à ces questions dans la sous-section suivante puis nous présenterons notre extension du langage BPMN dans la section 6.3.

6.2.3 Intégration dans notre approche globale de compensation

Pour expliquer où se situe ce travail dans notre approche globale de modélisation de la compensation, nous commencerons par considérer un exemple. Reprenons notre exemple de la compagnie *ABC Inc.* de la figure 1.1 et supposons que le processus doit être compensé car la compagnie de livraison retenue n'est finalement pas en mesure de livrer le colis tel que prévu. Nous supposons donc que l'interruption se soit produite après l'activité *demandeur enlèvement pour expédition*. Le chapitre 4 a porté sur le calcul et la modélisation de la chaîne de valeurs du processus de compensation. Comme nous l'avons expliqué dans la section 4.3, la chaîne de valeurs de compensation résultante est obtenue à partir d'une *instance* de la chaîne de valeurs du processus, pour un point d'interruption spécifique pour lequel l'analyste souhaite modéliser le processus de compensation. L'instance de la chaîne de valeurs correspond à la chaîne de valeur initiale du processus, de laquelle nous éliminons les événements économiques qui correspondent à des activités en aval du point d'interruption. Nous montrons, dans la figure 6.3, l'instance de la chaîne de valeurs calculée à partir de la chaîne de valeurs de la figure 4.12 (p. 113).

Cependant, considérant l'erreur observée (c.-à-d. indisponibilité de la compagnie de livraison retenue) et plutôt que de compenser le processus intégralement, nous pourrions simplement compenser le processus jusqu'à l'activité *demandeur enlèvement pour expédition* afin de reprendre l'exécution du processus en sélectionnant une autre compagnie de transport. Ainsi, l'activité *demandeur enlèvement pour expédition* est un point de retour candidat. Compenser jusqu'à ce point de retour implique qu'il n'est plus nécessaire de compenser les activités en amont du point de retour. Nous éliminons donc de l'instance de la chaîne de valeurs les événements économiques qui correspondent aux activités en

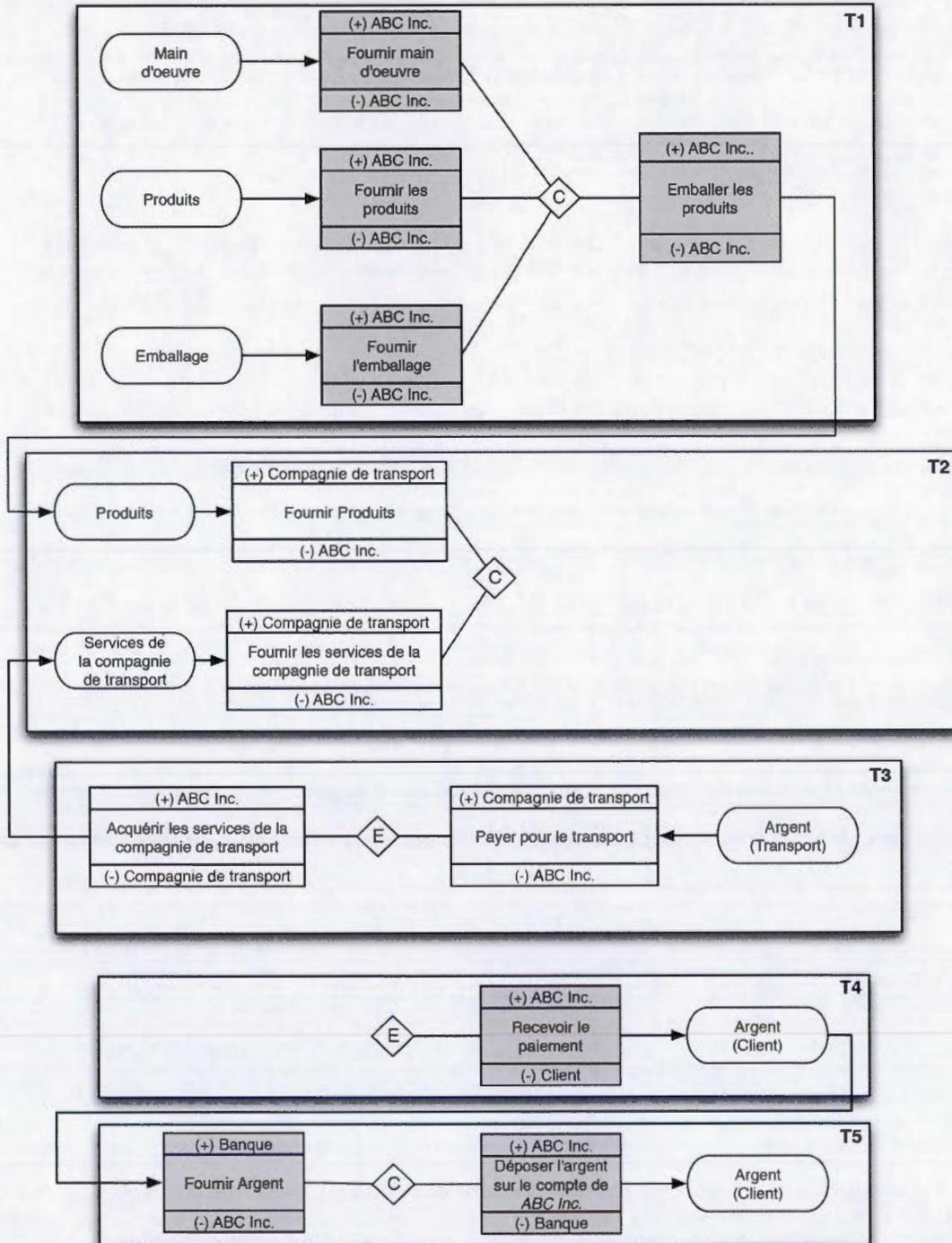


FIGURE 6.3 Instance de la chaîne de valeurs de la figure 4.7 (Interruption suite à la non disponibilité de la compagnie de transport).

amont de l'activité *demandeur enlèvement pour expédition*. Dans notre exemple de la figure 6.3, nous avons mis sur fond gris les événements économiques à éliminer de l'instance de la chaîne de valeurs. La compensation du processus, compte tenu du point d'interruption et de l'erreur observés, revient donc à compenser la transaction REA T2 (partiellement) ainsi que la transaction T3.

Ce travail vise donc à préciser davantage l'instance de la chaîne de valeurs :

1. En calculant les points de retour possibles selon l'erreur ayant été observée ; puis
2. En éliminant de l'instance de la chaîne de valeurs, suite au choix d'un point de retour, les événements économiques qu'il n'est plus nécessaire de compenser. Ces événements éliminés sont ceux qui correspondent aux activités situées en amont du point d'interruption.

Dans les sections qui suivent, nous détaillons notre approche pour calculer les points de retour. Nous commençons, dans la section suivante, par introduire notre extension au langage BPMN nous permettant de définir la sémantique des activités du processus.

6.3 CBPMN : Une extension sémantique du processus d'affaires

Pour être en mesure de raisonner sur le processus d'affaires et pour être capable de relier les activités du processus à l'erreur s'étant produite, nous devons être en mesure d'exprimer les effets des activités du processus sur l'état du système. Plusieurs auteurs se sont penchés sur la spécification des activités d'un processus d'affaires et les approches varient selon l'application envisagée.

Certains se sont proposés d'enrichir le processus d'affaires avec les sémantique des activités dans le but de garantir ou de vérifier la conformité du processus d'affaires avec les règles d'affaires organisationnelles ou les dispositions réglementaires. C'est le cas, par exemple, de Sadiq et ses collègues (2007) qui proposent d'étendre le modèle par des contraintes exprimées en FCL. Le langage FCL (pour *Formal Contract Language*) est une logique non-monotone combinée à une logique déontique permettant d'étendre les contraintes par des propositions d'obligation, de permissions, d'interdictions et d'autres

propositions reliées aux concepts normatifs (Governatori et Milosevic, 2006).

D'autres se sont intéressés à la sémantique des activités pour la transformation des modèles d'analyse de processus et ont reposé sur des classifications ontologiques ou par répertoires des activités. Ben-Eliahu et Elhadad (2009) ont proposé une ontologie d'activités afin de déduire les tâches de gestion d'erreurs du processus. Une approche similaire fut également proposée par Ghidini et ses collègues (2012). Une classification ontologique des activités fit l'objet de travaux portant sur la découverte et la composition automatique de services pour l'exécution des processus d'affaires. À ce titre, Rao et Su (2005) proposent une revue de la littérature de telles approches.

Dans notre cas, nous avons penché vers un formalisme déclaratif basé sur des pré-conditions et des post-conditions portant sur l'état du système. Nous entendons par *état du système* l'état des objets de données manipulés par l'instance du processus d'affaires. Ainsi, pour chaque activité, nous exprimons l'état devant être satisfait pour l'exécution de l'activité (*pré-conditions*) et l'état du système après l'activité (*post-conditions*). Nous y ajouterons également des clauses d'invariabilité que nous détaillerons dans la sous-section suivante. Nous avons choisi le langage OCL comme formalisme pour exprimer les contraintes (Object Management Group, 2014). OCL est un langage formel sans effets de bord² permettant de définir des expressions, des invariants ou des requêtes, portant sur des modèles UML. La raison ayant motivé ce choix fut son adéquation naturelle pour écrire des contraintes portant sur un modèle informationnel objet (voir la figure 6.2).

Afin de pouvoir définir des processus d'affaires munis de contraintes sémantiques, nous avons intégré ces contraintes au sein d'un méta-modèle de processus d'affaires qui étend le méta-modèle BPMN. Dans la suite de cette section, nous commencerons pas décrire ce méta-modèle. Nous énoncerons ensuite un ensemble de critères de validité pour qu'un modèle (C)BPMN puisse être analysé avec notre méthodologie.

2. L'évaluation d'une requête OCL n'affecte pas l'état du système.

6.3.1 Le méta-modèle CBPMN

Par défaut, le langage BPMN ne permet pas de définir le comportement des activités du processus. Cependant, un mécanisme d'extension permet de compléter les concepts de base du langage par des concepts spécifiques au domaine. Ainsi, nous proposons une extension du langage BPMN afin d'étendre la définition de base des noeuds du processus par la description du comportement. Pour des fins de simplification, la version actuelle de notre extension est indépendante du mécanisme d'extension de BPMN. Cependant, il est possible de tirer profit de ce mécanisme du langage pour y intégrer nos éléments d'extension. Cependant, ceci ne pose aucune défi particulier et sera traité dans nos travaux futurs.

Notre extension de BPMN, que nous baptisons *CBPMN* (pour *Constrained BPMN*), est illustrée par le méta-modèle de la figure 6.4. Nous considérons un modèle de *processus* d'affaires (*ProcessModel* dans le méta-modèle) comme une succession de *noeuds* (*FlowNode*), chacun étant soit une *activité* (*Activity*), un *événement* (*Event*) ou *porte* (*Gateway*). Chaque noeud est contenu au sein d'une (et une seule) *branche* (*Branch*). Le processus peut contenir plusieurs branches (alternatives ou parallèles, voir plus bas) mais contient toujours une référence vers sa branche principale (la référence *main.Branch* de la classe *ProcessModel*). Les portes se spécialisent en deux types : les *portes parallèles* (*ParallelGateway*) et les *portes décisionnelles* (*DecisionGateway*). Une porte divise la branche qui la contient en une ou plusieurs branches.

Un processus conserve des références vers un ensemble d'objets de données qui sont manipulées par le processus. Les objets de données, eux, sont des instances du modèle informationnel.³ Un noeud du processus peut avoir un ensemble de références vers des objets de données comme entrées (*inputs*). La notion d'entrée de données étant évidente dans le cas d'une activité (les entrées de l'activité), elle a une sémantique différente

3. Compte tenu que notre implémentation est faite dans le framework EMF d'Eclipse, un objet de données est un objet de type *EClass* dans le paquetage *ecore*.

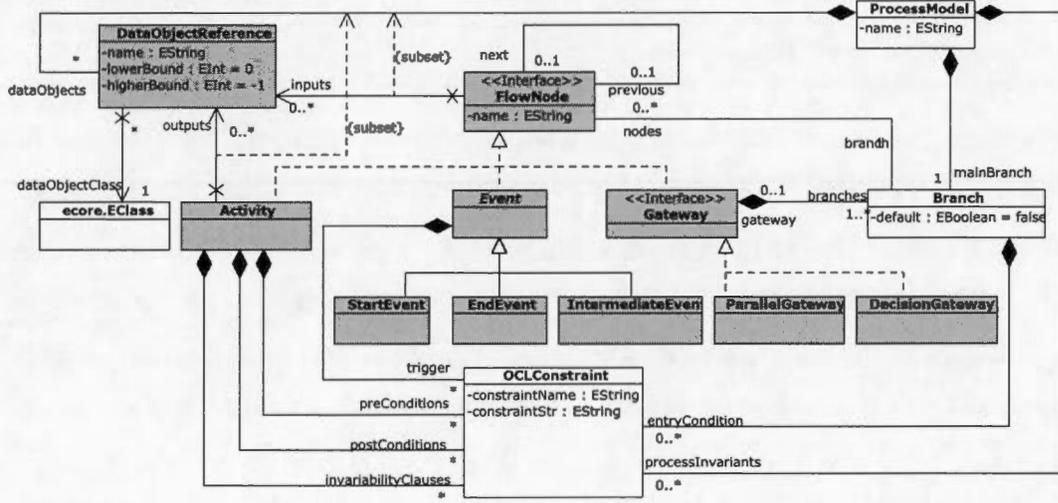


FIGURE 6.4 Le méta-modèle CBPMN.

lorsqu'appliquée à des événements ou des portes. Dans le cas d'un événement, les objets de données sont ceux qui seront référencés par les contraintes de déclenchement de l'événement (décrites ci-dessous). Pour les portes, les entrées ne sont définies que pour les portes décisionnelles et représentent les références vers les objets de données faisant partie des conditions d'entrées à ses différentes branches. Les entrées et les sorties des noeuds sont un sous-ensemble des références d'objets définies pour le processus (contrainte *subset* dans le méta-modèle). En plus des *entrées*, les activités détiennent des références vers les objets de données qu'elles produisent (*outputs*).

La principale extension à BPMN introduite par CBPMN est le concept de *contrainte OCL* (*OCLConstraint*). Une contrainte est une expression OCL déclarée sur une activité, un événement ou une branche du processus. Les activités ont trois types de contraintes : les *pré-conditions*, les *post-conditions* et les *clauses d'invariabilité*. Une pré-condition est une expression booléenne qui doit être satisfaite avant qu'une activité puisse être exécutée. Une post-condition est une expression booléenne garantie d'être vraie si l'activité s'est exécutée correctement, et détermine ainsi l'état *valide* du système après l'activité.

Quant aux clauses d'invariabilité, un concept introduit par Kosiuczenko (2011), elles nous

permettent de contourner l'impossibilité, en OCL, et d'exprimer ce qu'une opération peut avoir comme effet sur le système. Par exemple, bien qu'en OCL nous puissions exprimer, comme post-condition d'une activité, des égalités entre attributs d'objets, il n'est pas possible d'établir quelle variable a été modifiée lors de l'activité. Certains auteurs ont proposé des heuristiques pour inférer les clauses d'invariabilité à partir des post-conditions en tentant de « deviner » les intentions du modélisateur. Par exemple, Cabot (2007) a considéré l'ordre des opérands dans une relation binaire (ex. : `ClassA.a = ClassB.b`) afin d'inférer laquelle des opérands a changé. En l'occurrence, pour une égalité, ils proposent de considérer que la première opérande sera modifiée (`ClassA.a`). Dans notre approche, nous reprenons la méthode de Kosiuczenko qui consiste à définir, explicitement, quels éléments du modèle ont été modifiés par une activité. Nous faisons l'hypothèse du « monde fermé » et supposons qu'aucun élément de l'état du processus ne sera altéré, autres que ceux spécifiés dans les clauses d'invariabilité.

Les autres concepts pouvant comporter des contraintes OCL sont les événements et les branches. Une contrainte de branche définit la condition booléenne pour qu'une branche soit empruntée lors de l'exécution du processus. Ceci ne s'applique qu'aux branches associées à des portes décisionnelles. Une branche peut également être définie comme la branche par défaut d'une porte décisionnelle, auquel cas aucune contrainte ne doit être définie. De façon similaire, des contraintes peuvent être associées à des événements et définissent la condition booléenne pour que l'événement se déclenche.

Chaque contrainte OCL est définie dans un *contexte*. Un contexte correspond à l'ensemble des objets de données sur lesquels la contrainte OCL peut porter. Le contexte diffère selon le type de condition concernée. Dans le cas de pré-condition, il se compose uniquement des objets de données en entrée de l'activité. Dans le cas d'une post-condition, le contexte inclut les entrées et les sorties de l'activité.⁴ Pour une clause d'invariabilité, nous ne pouvons considérer que les objets de données en sortie de l'activité. Finalement, dans le cas des déclencheurs d'événements ou les conditions des branches,

4. Tel que décrit par la norme OCL, pour référencer l'état d'un objet avant l'exécution de l'opération, nous devons utiliser le modificateur *@pre*.

leur contexte comprend tout objet de données défini dans le processus.

Nous reprenons, dans la figure 6.5, l'exemple introduit dans la section 6.2.1, que nous avons étendu avec des contraintes OCL. Nous avons annoté, le cas échéant, les noeuds et branches du modèle par un ensemble de pré-conditions (pre), de post-conditions (post), de clauses d'invariabilité (mod), de déclencheurs d'événements (trig) et de conditions d'entrée de branches (Bx).

Sans considérer la notion de contraintes, les concepts susmentionnés peuvent être directement reliés aux concepts du méta-modèle BPMN et sont illustrés sur fond gris dans la figure 6.4. En effet, le méta-modèle CBPMN est une abstraction du méta-modèle BPMN se concentrant uniquement sur les concepts de haut niveau sur lesquels peuvent porter des contraintes. Ceci permet de simplifier notre approche en ne considérant pas, par exemple, les différentes spécialisations d'une activité ou d'un événement. Cependant, ceci n'a aucune incidence sur la généralité de notre méthode car la projection d'un modèle BPMN en son abstraction CBPMN est unique et déterministe,⁵ et ce tant que le modèle BPMN se conforme à un ensemble de critères de validité que nous détaillons dans ce qui suit.

6.3.2 Critères de validité du modèle

Dans le but de simplifier notre approche et compte tenu de la grande variabilité au sein des modèles (voir 5.4.1), nous avons introduit quelques restrictions sur les modèles BPMN que nous prenons en entrée. Pour chacune de ces limitations, nous expliquons comment elle pourraient être contournées afin de ne pas affecter la généralité de notre approche.

Tout d'abord, le modèle du processus d'affaires doit être structuré en blocs pour que l'analyse du modèle soit simplifiée. Ceci implique que chaque porte du modèle BPMN qui divise une branche du processus en plusieurs branches (*splitting gateway*) doit obliga-

5. La transformation de modèles BPMN en CBPMN est triviale et n'est pas abordée dans ce chapitre.

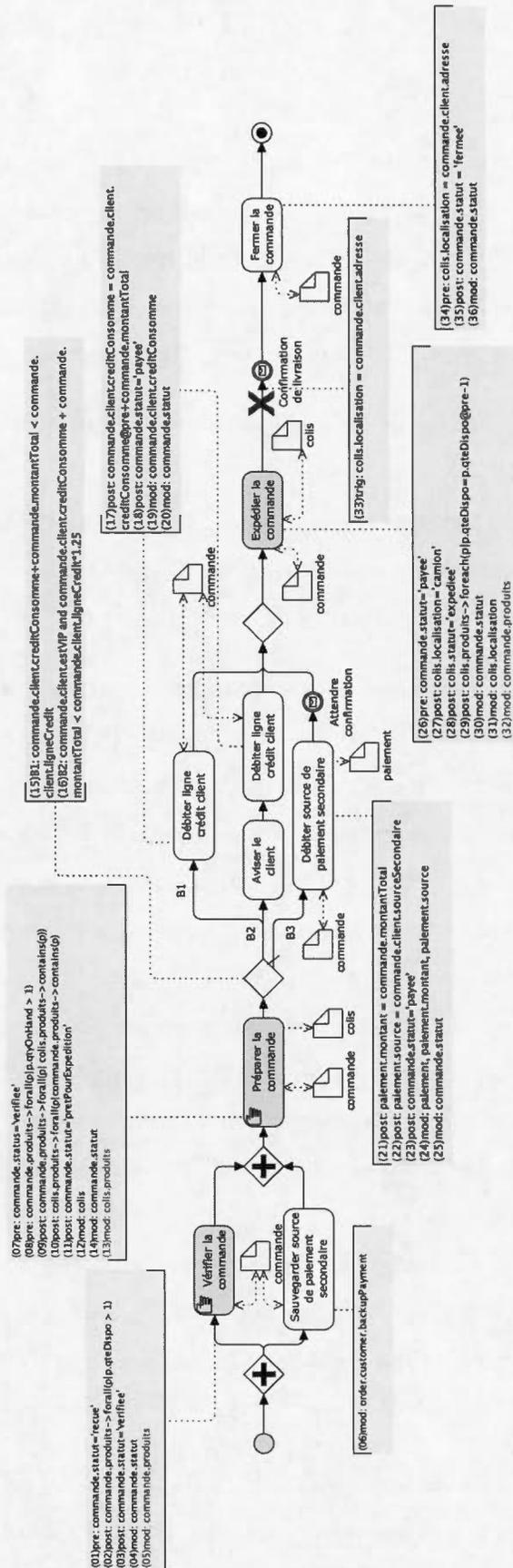


FIGURE 6.5 Exemple de la figure 6.2.1 étendu avec des contraintes.

toirement avoir une porte de synchronisation correspondante qui regroupe les branches en une seule (*merging gateway*). Des approches existent pour structurer en bloc un processus d'affaires à base de graphes, notamment pour la conversion de modèles BPMN en BPEL. Ces méthodes s'appuient essentiellement sur des transformations basées sur l'identification de motifs (Dijkman, Dumas et Ouyang, 2008; Ouyang et al., 2007).

Nous exigeons également qu'aucun noeud du processus, à l'exception des portes, ne puisse être la destination de plus d'un lien de flux de contrôle. De la même façon, un noeud autre qu'une porte ne peut pas avoir plus d'un lien de flux de contrôle sortant. Un processus d'affaires ne répondant pas à cette exigence peut aisément être transformé en ajoutant des portes parallèles et des portes de synchronisation.

Au delà de ces aspects syntaxiques, nous supposons également que le processus d'affaires est sémantiquement correct au sens de Weske (2012, p. 300-308), en garantissant trois propriétés : (1) une fois l'exécution du processus amorcée, il atteindra avec certitude l'événement de fin, et ce quels que soient les choix ayant été fait dans le processus, (2) lorsqu'un processus atteint son événement de fin, son exécution soit totalement terminée, et (3) il faut que chaque activité du processus fasse partie d'au moins un chemin d'exécution valide (c.-à-d. que pour toute activité *A*, il existe une trace d'exécution du processus qui inclut *A*). Cette dernière condition nous permet de nous assurer que toute activité du processus peut constituer un point de retour potentiel. Les deux premières conditions, quant à elles, garantissent que tout chemin alternatif qui pourrait être choisi dans le processus sera exempt de points d'interblocages actifs (*livelocks*) et inactifs (*deadlocks*). Un modèle ne respectant pas ces conditions ne peut être corrigé automatiquement mais la vérification de la rectitude sémantique peut être faite de façon systématique. Par exemple, van Der Aalst et ses collègues (2002) proposent une approche basée sur une transformation du modèle en un WorkflowNet (des réseaux de Petri) et vérifient la rectitude sémantique par des règles de vérification de modèles.

Disposant d'un modèle de processus d'affaires CBPMN respectant ces restrictions et muni des contraintes OCL qui définissent la sémantique des activités, nous sommes en

mesure d'y effectuer une première analyse par tranchage de processus afin d'identifier les candidats potentiels au titre de point de retour. Dans la prochaine section, nous présenterons d'abord ce qu'est le tranchage dans la discipline du génie logiciel. Ensuite, nous introduirons notre approche de tranchage de processus d'affaires.

6.4 Le tranchage de processus (*Business Process Slicing*)

Tel que nous le mentionnions dans la section 6.2, dans le but d'identifier les points de retours candidats dans le processus, nous effectuons une réduction du problème par tranchage (*slicing*) du processus d'affaires. Ainsi, nous éliminons, parmi l'ensemble de noeuds du processus, ceux qui ne sont pas liés à l'erreur observée.

Nous commencerons par effectuer quelques rappels sur la théorie du tranchage de programmes. Nous présenterons ensuite notre approche et l'algorithme que nous proposons pour le tranchage de processus d'affaires munis de contraintes sémantiques, c.-à-d. exprimés en CBPMN. Finalement, nous montrerons que les tranches obtenues à travers notre algorithme garantissent l'inclusion de tout point de retour potentiel.

6.4.1 Théorie du tranchage logiciel

Le tranchage (*slicing*) est une technique utilisée dans l'analyse de programmes et la rétro-ingénierie de logiciels, introduite par Weiser (1984). La méthode consiste en la décomposition d'un programme basée sur son graphe de flux de données et son graphe de flux de contrôle. «*Starting from a subset of a program's behavior, slicing reduces that program to a minimal form which still produces that behavior* » (Weiser, 1984, pp. 352). La technique du tranchage est largement utilisée dans le débogage de programmes et généralement implémentée dans les environnements de développement. Plusieurs problèmes font également usage de cette technique pour l'analyse de programmes tels que l'optimisation de compilateurs, le calcul de mesures, l'assurance qualité ou l'injection de fautes.

De façon générale, un algorithme de tranchage vise à extraire du programme l'ensemble

minimal d'instructions qui ont une incidence sur une variable donnée à un point donné du programme. Ainsi, en plus du programme à analyser, un algorithme de tranchage nécessite deux données en entrée, la variable et le point dans le programme sur lesquels l'analyse sera effectuée. Ces deux paramètres constituent le *critère du tranchage*. D'un point de vue théorique, le tranchage peut être réduit à un problème d'analyse de flux de données ou à un problème de calcul de fermeture transitive (*reachability problem*). Il existe plusieurs algorithmes de tranchage de programmes que nous pouvons classer selon différentes dimensions orthogonales.

Tout d'abord, le tranchage peut être statique ou dynamique. Un tranchage statique ne considère que les instructions du programme et produit des tranches valides pour toutes les exécutions du programme. Par contre, les tranches dynamiques sont concernées par une exécution particulière du processus et tiennent compte de l'ensemble de données en entrée du programme (ces entrées font aussi partie du critère de tranchage). Comme on peut s'y attendre, le tranchage dynamique produit des tranches plus réduites (donc plus précises) mais ne sont pas généralisables à d'autres exécutions.

Le tranchage peut être effectué en avant ou en arrière dans un programme. Le tranchage arrière sélectionnera les instructions en amont de l'instruction du critère de tranchage (relativement au flux de contrôle) pouvant avoir influencé la variable du critère. Le tranchage en avant, quant à lui, identifie toutes les instructions et structures de contrôle, en aval du critère de tranchage, et dont l'exécution dépend de la valeur de la variable du critère de tranchage. Ainsi, dans le cas du tranchage en arrière, nous cherchons à identifier les instructions ayant un impact sur le critère, tandis que dans le tranchage avant, nous cherchons les instructions pouvant subir un impact par le critère de tranchage. Le lecteur est renvoyé à l'article de Tip (1995) qui fournit une revue étendue sur ces différentes techniques de tranchage logiciel.

Dans le cadre de la recherche du point de retour, nous nous intéresserons à la technique du tranchage que nous transposerons aux modèles de processus d'affaires. Après une brève revue sur les travaux connexes à notre approche, nous présenterons notre algorithme de

tranchage statique arrière que nous avons approché comme un problème d'analyse de flux de données.

6.4.2 Approches similaires

Dans le domaine de la gestion de processus d'affaires, l'utilisation de la technique de tranchage s'est répandue essentiellement dans la discipline du forage de processus d'affaires (*business process mining*), utilisée pour la découverte des processus à partir des traces d'exécution.

Cependant, certains auteurs ont proposé des approches de tranchage ayant des objectifs similaires à l'approche que nous proposons. Par exemple, Best et Rakow (2008) ont proposé une méthode de tranchage de processus d'affaires modélisés comme des réseaux de Pétri en utilisant des critères exprimés en logique temporelle. Rabbi et ses collègues (2013) se sont basés sur l'arbre syntaxique d'une notation propriétaire appelée CWML. Bien que ces deux approches soient robustes, leur formalisme commun (L/CTL) désavantage leur utilisabilité par un public d'analystes d'affaires.

Awad et ses collègues (2008) ont également utilisé une approche similaire au tranchage pour effectuer de la vérification de modèles à partir d'une requête exprimée dans le langage BPMN-Q en reposant sur un ensemble de règles de réduction. Cependant, leur approche ne s'est intéressée qu'aux règles structurelles comme, par exemple, pour s'assurer d'un ordre d'exécution particulier. Ils ont donc ignoré les aspects comportementaux du processus au niveau de l'activité, ce que nous faisons à travers l'approche que nous proposons.

6.4.3 Algorithme de tranchage de processus

Notre algorithme de tranchage statique de processus d'affaires est basé sur une analyse de flux de données du modèle du processus. Il requiert deux entrées de données :

1. Le modèle du processus d'affaires dans lequel la sémantique des noeuds est définie par des contraintes OCL, tel que détaillé dans la section 6.3.1.

2. Le critère de tranchage qui est composé de deux éléments. Le premier est le point d'interruption, qui est un noeud du processus où l'exécution du processus d'affaires s'est interrompue. Le second élément du critère représente l'erreur observée ayant causé l'interruption, que nous exprimons sous la forme d'une contrainte OCL.

Considérons notre exemple de la figure 6.5 et supposons que le processus se soit interrompu avant la réception de la confirmation de livraison, le client s'étant rendu compte qu'un produit manquait au colis. Nous identifions ce point d'interruption par une croix dans le modèle BPMN du processus (figure 6.5). Le point d'interruption est le dernier noeud du processus ayant été exécuté. Dans notre exemple, c'est l'activité *Expédier la commande*. Quant à l'erreur observée, elle peut être exprimée ainsi par l'expression OCL de l'équation 6.1.

$$\text{commande.produits} \rightarrow \text{exists}(p|p.\text{qteDispo} > 0 \text{ and not}(\text{colis.produits} \rightarrow \text{exists}(p2|p2 = p)))$$

(6.1)

L'équation 6.1 est une requête OCL qui exprime qu'il existe au moins un produit de la commande, disponible en quantité suffisante, et qui ne se trouve pas parmi les produits présents dans le colis. L'erreur observée porte sur l'état du système au moment où l'interruption s'est produite.

Par conséquent, dans cet exemple, le critère de tranchage est le couple (équation 6.2) :

$$C = \langle \text{ExpédierLaCommande}, \text{commande.produits}, \text{colis.produits}, \text{commande.produits.qteDispo} \rangle$$

(6.2)

Le premier terme du critère est le point d'interruption du processus tel que déterminé plus haut. Le second est un tuple qui représente la liste des variables impliquées dans

l'expression de l'erreur observée (équation 6.1)

À partir de ces données, notre objectif est d'extraire du processus d'affaires l'ensemble des noeuds en amont du point d'interruption qui sont liés, par flux de données, à l'erreur observée. Notre approche, présentée dans l'algorithme 6.1, consiste à extraire l'ensemble des variables qui apparaissent dans l'expression de l'erreur observée, pour identifier les noeuds qui manipulent, directement ou transitivement, ces variables.

Pour chaque noeud e du processus CBPMN, nous associons trois ensembles de variables :

- $varsInScope_e$ (cf. algorithme 6.4.3) regroupe les variables d'intérêt sur lesquelles nous effectuons le tranchage lorsque le noeud en question est considéré ;
- $modified_e$, défini uniquement pour les activités, contient l'ensemble de variables ayant été définies (c.-à-d. modifiées) durant l'exécution d'une activité. Cet ensemble correspond aux variables faisant partie de la clause d'invariabilité de l'activité e .
- $referenced_e$ contient l'ensemble de variables apparaissant dans la post-condition de e , si e est une activité, auxquelles seront retranchées les variables apparaissant dans la pré-condition. Dans le cas d'un événement, cet ensemble recensera les variables de sa condition de déclenchement. Finalement, si e est une porte, les variables apparaissant dans les conditions de toutes ses branches seront ajoutées à cet ensemble.

L'algorithme débute par des instructions d'initialisation (lignes 1-3). Les trois ensembles $varsInScope$, $modified$ et $referenced$ sont définis pour tous les noeuds du processus : $modified$ et $referenced$ sont initialisés tel que décrit ci-dessus et l'ensemble $varsInScope$ est assigné à l'ensemble vide. Ensuite, les variables du critère de tranchage sont ajoutées à l'ensemble $varsInScope$ du point d'interruption.

Nous déterminons, ensuite, si le point d'interruption devrait faire partie de la tranche (ligne 4-7). En effet, le point d'interruption n'est ni plus ni moins que le noeud du processus après lequel (ou au cours duquel) le processus s'est interrompu. Il est possible en effet, que le processus se soit interrompu de manière fortuite sur le point d'interruption

Algorithme 6.1 : Tranchage de modèles de processus CBPMN (récuratif).**Données** : M : Modèle de processus CBPMN**Données** : $C\langle e, V \rangle$: critère - e : noeud; V : ensemble de variables**Résultat** : \mathcal{T} : Ensemble de noeuds de M faisant partie de la tranche

```

1  Fonction Tranchage ( $M, C$ )
2  | pour chaque élément  $elt$  de  $M$  faire
3  |    $varsInScope_{elt} \leftarrow \emptyset$ ;
4  |   Assigner  $modified_{elt}$  et  $referenced_{elt}$ ;
5  |    $varsInScope_e \leftarrow V$ ;
6  |   si  $modified_e \cap varsInScope_e \neq \emptyset$  alors
7  |   | Ajouter  $e$  à Slice;
8  |   |  $varsInScope_e \leftarrow (varsInScope_e - (modified_e \cap varsInScope_e)) \cup referenced_e$ ;
9  |    $n \leftarrow e$ ;
10 | tant que  $n.precedent \neq nil$  faire
11 | | si  $n.precedent$  est une porte alors
12 | | |  $varsInScope_{n.precedent} \leftarrow varsInScope_n$ ;
13 | | | pour chaque branche  $B$  de la porte faire
14 | | | |  $d \leftarrow$  dernier noeud de  $B$ ;
15 | | | |  $\mathcal{T} = \mathcal{T} \cup \text{Tranchage}(B, \langle d, varsInScope_n \rangle)$ ;
16 | | | si au moins une des tranches de branches n'est pas vide alors
17 | | | | Ajouter la porte à  $\mathcal{T}$ ;
18 | | | | Soit  $\mathcal{B}$  l'ensemble de branches ayant une tranche non vide;
19 | | | | Notons  $b(i)$  le  $i^{eme}$  noeud de  $b$  (selon le flux de contrôle), pour toute
20 | | | | | branche  $b$ ;
21 | | | | si  $n.precedent$  est une porte décisionnelle alors
22 | | | | |  $varsInScope_{n.precedent} \leftarrow$ 
23 | | | | |  $varsInScope_{n.precedent} \cup (\bigcup_{b \in \mathcal{B}} varsInScope_{b(1)})$ 
24 | | | | sinon
25 | | | | |  $varsInScope_{n.precedent} \leftarrow \bigcup_{b \in \mathcal{B}} varsInScope_{b(1)}$ 
26 | | | | sinon
27 | | | | | si  $modified_{n.precedent} \cap varsInScope_n \neq \emptyset$  alors
28 | | | | | | Ajouter  $n.precedent$  à  $\mathcal{T}$ ;
29 | | | | | |  $varsInScope_{n.precedent} \leftarrow referenced_{n.precedent}$ ;
30 | | | | | |  $varsInScope_{n.precedent} \leftarrow$ 
31 | | | | | |  $varsInScope_{n.precedent} \cup (varsInScope_n - modified_{n.precedent})$ ;
32 | | | | |  $n \leftarrow n.precedent$ ;
33 | | Soit  $\mathcal{G}$  l'ensembles de portes décisionnelles de  $\mathcal{T}$ , triées de la plus proche à la plus
34 | | éloignée de  $e$ ;
35 | | pour chaque  $G$  de  $\mathcal{G}$  dans l'ordre faire
36 | | | Soit  $V_G$  l'ensemble des variables référencées par toutes branches de  $G$  ayant au
37 | | | moins un noeud dans  $\mathcal{T}$ ;
38 | | |  $\mathcal{T}' = \text{Tranchage}(M, \langle G, V_G \rangle)$ ;
39 | | |  $\mathcal{T} = \mathcal{T} \cup \mathcal{T}'$ ;
40 | | retourner  $\mathcal{T}$ ;

```

(ex. : interruption manuelle). Nous ne pouvons donc assumer, à priori, aucune relation entre l'erreur observée et le point d'interruption et devons l'établir formellement. Ainsi, celui-ci n'est inclus que s'il définit une des variables du critère V .

Dans la suite de l'algorithme, nous considérons les noeuds du processus dans l'ordre inverse que celui établi par le flux de contrôle, en commençant par le prédécesseur immédiat du point d'interruption. Pour chacun des noeuds visités, nous allons déterminer si celui-ci fait partie de la tranche (lignes 9-28). Intuitivement, à chaque itération de la boucle, nous ajoutons le noeud à la tranche si celui-ci affecte (1) l'une des variables de l'ensemble *varsInScope* de son successeur immédiat ou (2) dans le cas où le successeur serait dans la tranche, l'une des variables qu'il définit et qui sont référencées par son successeur immédiat (ensemble *referenced*). Nous propageons ensuite les variables de l'ensemble *varsInScope* de son successeur immédiat, n'ayant pas été définies par le noeud courant, dans son ensemble *varsInScope* afin que ceux-ci soient considérés à la prochaine itération. Nous devons toutefois distinguer deux cas de figure, à savoir : (1) le cas où le noeud considéré est une porte (*Gateway*) ou (2) si c'est une activité ou un événement.

Dans le cas d'une porte (lignes 9-22), un tranchage statique nous oblige à considérer toutes les branches de la porte. En effet, le processus aurait pu emprunter toutes les branches (portes parallèles), une seule branche ou aucune des branches (portes décisionnelles). Pour chaque branche, nous effectuons un appel récursif à l'algorithme de tranchage (ligne 14) avec comme critère de tranchage le couple formé par le dernier noeud de la branche considérée et l'ensemble *varsInScope* du dernier noeud visité par l'algorithme.⁶ Si le tranchage de la branche permet d'obtenir une tranche non-vide, le résultat du tranchage ainsi que la porte en question sont ajoutés au résultat global de l'algorithme.

Pour toute branche ayant produit une tranche non-vide, les variables devant encore être

6. Ce noeud correspond au noeud qui succède à la porte de synchronisation (*merging gateway*) de la porte considérée.

considérées aux fins de tranchage auront été définies dans l'ensemble *varsInScope* du premier noeud de la branche, car, comme nous le mentionnions plus haut, les variables d'intérêt sont propagées de proche en proche en ordre inverse du flux de contrôle. Nous distinguons alors entre le cas où la porte serait une porte parallèle et le cas d'une porte décisionnelle. Si c'est une branche parallèle (toutes les branches de la porte ont été empruntées lors de l'exécution), nous assignons à l'ensemble *varsInScope* l'union des ensembles *varsInScope* des premiers noeuds de branches ayant une tranche non vide. Dans le cas d'une porte décisionnelle, nous effectuons le même traitement mais ajoutons également l'ensemble *varsInScope* du successeur immédiat de la porte.⁷ Ce dernier traitement est nécessaire pour tenir compte des cas où aucune branche n'aurait été empruntée par une instance du processus.

Le second cas dont nous devons tenir compte (lignes 23-27) se produit si le noeud considéré n'est pas une porte (c.-à-d. une activité ou un événement). L'ensemble de variables de l'ensemble *varsInScope* de son successeur immédiat sont alors propagées au même ensemble du noeud. De plus, le noeud en question est inclus dans la tranche si celui-ci définit (ensemble *modified*) une variable faisant partie des variables de l'ensemble *varsInScope* de son successeur immédiat. Le cas échéant, nous nous intéressons également aux variables ayant été *utilisées* par le noeud car celles-ci ont pu avoir un impact transitif sur les variables du tranchage. Nous ajoutons alors les variables de l'ensemble *referenced* aux variables de *varsInScope* du noeud. De plus, pour ne plus considérer les variables ayant été définies par le noeud en amont, nous retirons de l'ensemble *varsInScope* les éléments de l'ensemble *modified*.

Ce traitement est répété en considérant, à chaque itération de la boucle, le prédécesseur immédiat du noeud dernièrement considéré, jusqu'à atteindre l'événement de début⁸. Avant et durant son exécution, la boucle maintient deux invariants : (1) l'ensemble

7. Il est important de noter que le successeur immédiat d'une porte, selon le méta-modèle CBPMN, est le noeud qui suit la porte de fermeture de toutes les branches (*merging gateway*).

8. Nous supposons que le processus est bien formé, selon la sous-section 6.3.2, auquel cas seul l'événement de début n'a pas de prédécesseur.

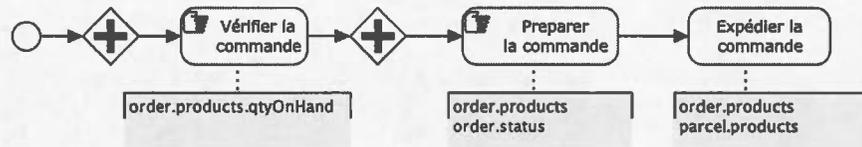


FIGURE 6.6 Résultat du tranchage sur l'exemple de la figure 6.5.

varsInScope de tous les noeuds visités comprend l'ensemble de variables qui affectent, directement ou transitivement, la valeur de l'une des variables du critère ; et (2) la tranche (ensemble \mathcal{T}) contenant les noeuds en amont les plus proches du noeud du critère qui définissent ou modifient une des variables du critère.

La dernière étape de l'algorithme (lignes 29-33) se concentre sur les portes décisionnelles ayant été incluses dans la tranche. Une branche décisionnelle se trouvant dans la tranche implique qu'au moins une de ses branches contient au moins un noeud faisant partie de la tranche. Par conséquent, nous devons également déterminer quels noeuds, en amont de la porte, auront un impact sur la décision d'emprunter ou non la branche en question. En d'autres termes, nous devons effectuer un tranchage à partir de la porte. L'ensemble de variables du critère se compose alors de l'ensemble de variables définies dans la condition d'entrée de chacune des branches pertinentes. Si plusieurs portes décisionnelles font partie de la tranche, celles-ci sont traitées l'une après l'autre, de la plus proche du noeud du critère initial à la plus éloignée.

Nous illustrons, dans la figure 6.6, la tranche résultante suite à l'application de cet algorithme sur le processus d'affaires de la figure 6.5 avec, comme critère de tranchage, celui défini à l'équation 6.2. Chaque noeud faisant partie de la tranche est annoté avec les variables de son ensemble *varsInScope* calculés par l'algorithme.

6.4.4 Propriétés d'une tranche

Nous avons présenté, dans la sous-section précédente, notre algorithme de tranchage permettant d'identifier l'ensemble des noeuds du processus pouvant avoir une implica-

tion, directe ou indirecte, sur le l'erreur observée. Nous avons affirmé qu'une tranche nous permet de simplifier notre problème initial de calcul des points de retour en réduisant la taille du problème par l'élimination des noeuds qui ne sont pas pertinents. Dans cette sous-section, nous affirmons également que, pour une erreur donnée et si un point de retour existe, celui-ci fait partie de la tranche calculée selon l'algorithme que nous proposons.

Proposition 7. *Soit \mathcal{M} un processus d'affaires et soit le critère de tranchage $C = \langle F, \mathcal{V} \rangle$, F étant le point d'interruption dans \mathcal{M} et \mathcal{V} l'ensemble des variables référencées dans l'expression de l'erreur observée. Soit P_r l'ensemble de points de retour possibles pour l'erreur observée et soit \mathcal{T} la tranche résultant du tranchage avec le critère C . Alors $\forall p \in P_r, p \in \mathcal{T}$.*

Preuve : Nous procédons par l'absurde. Supposons que $\exists p \in P_r$ tel que $p \notin \mathcal{T}$. Selon la définition d'un point de retour (voir définition 6), nous serions en mesure de corriger l'erreur observée, en reprenant l'exécution du processus à partir de p , soit :

- En reprenant le même chemin vers le point d'interruption : dans ce cas, p serait le noeud le plus proche du point d'interruption ayant une post-condition qui définit une variable ayant un impact sur l'une des variables du critère. Ceci contredit notre deuxième invariant de boucle, tel que décrit dans la sous-section 6.1.
- En empruntant un chemin alternatif menant au point d'interruption : Pour qu'un chemin alternatif existe, il doit y avoir au moins une branche décisionnelle dont au moins une des branches contient une activité qui peut corriger l'erreur (i.e. modifie une des variables de l'erreur observée). Dans ce cas-ci, p serait un noeud qui pourrait modifier l'état du processus de sorte que le chemin alternatif devienne disponible. Or, selon notre algorithme de tranchage, la tranche comprendra tout noeud pouvant influencer la condition d'entrée d'une branche contenant un noeud de la tranche (lignes 30-33 et invariants de boucle). Ceci contredit donc l'hypothèse ci-dessus. ■

Dans la suite de cette section, nous décrivons sommairement notre implémentation de l'algorithme.

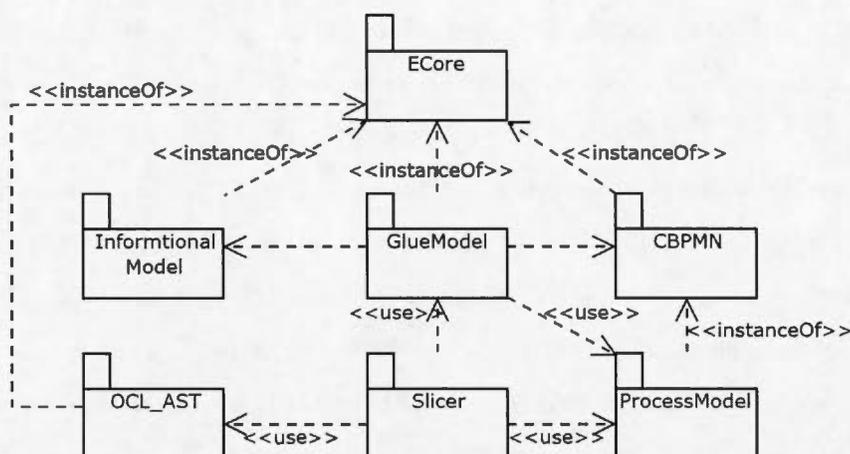


FIGURE 6.7 Vue architecturale de notre implémentation du tranchage de processus.

6.4.5 Implémentation

Pour être en mesure d'évaluer la faisabilité et l'utilisabilité de notre approche de tranchage de modèles de processus d'affaires, nous avons implémenté une librairie qui calcule la tranche du processus (ensemble de noeuds du processus) en prenant comme entrée (1) un encodage du modèle (instance du méta-modèle CBPMN), (2) le modèle informationnel sous forme d'un modèle de classes, (3) un point d'interruption du processus et (4) l'expression OCL définissant l'erreur observée.

Notre implémentation est basée sur le cadriciel Eclipse Modeling Framework (EMF) que nous avons déjà présenté dans la section 4.4.1 (Eclipse Foundation, b). Ainsi, notre méta-modèle CBPMN ainsi que le modèle informationnel du processus d'affaires sont des instances du méta-méta-modèle *ecore*. Pour évaluer les contraintes OCL de notre modèle, nous avons utilisé l'analyseur EclipseOCL, lui-même implémenté dans le cadriciel EMF (Eclipse Foundation, 2014). EclipseOCL permet l'analyse d'expressions OCL formulées pour des méta-modèles UML ou *ecore*. Nous présentons, dans la figure 6.7, une vue architecturale de notre implémentation.

En analysant les contraintes du processus d'affaires ainsi que l'expression de l'erreur

observée, nous devons nous assurer de leur validité à la fois syntaxique et sémantique. La validité syntaxique vise à s'assurer que les expressions OCL analysées respectent les spécifications du langage OCL (Object Management Group, 2014). La validité sémantique, quant à elle, concerne la cohérence des expressions OCL par rapport au modèle informationnel auquel elles font référence. En d'autres termes, elle garantit que tous les attributs du modèle informationnel auquel une expression fait référence sont valides et accessibles dans le contexte de l'expression. En OCL, un contexte peut être soit une classe ou une opération d'une classe. Le cadre EclipseOCL permet de réaliser autant l'analyse syntaxique que l'analyse sémantique des expressions OCL.

Cependant, les expressions OCL extraites du modèle de processus CBPMN ne peuvent être interprétées directement car elles sont démunies de contexte. Pour y parvenir, nous créons *dynamiquement* un modèle *ecore* intermédiaire (*GlueModel* dans fig. 6.7) qui relie le modèle informationnel et le modèle du processus. Ce modèle intermédiaire contient une classe pour chaque noeud du processus d'affaires. Nous définissons, pour chacune de ces classes, une référence vers la classe du modèle informationnel correspondant à l'entrée ou la sortie de l'activité. Prenons, par exemple l'activité *Préparer la commande* de la figure 6.5. Lors de l'analyse du modèle, une classe *PreparerLaCommande* sera ajoutée au *GlueModel* et aura une référence vers une instance de la classe *Commande* comme entrée, ainsi que deux références vers des instances des classes *Commande* et *Colis* (les classes *Commande* et *Colis* sont définies dans le modèle informationnel). Par la suite, les expressions OCL portant sur cette activité seront attribuées à la classe *PreparerLaCommande* du *GlueModel*.

De plus, le cadre EclipseOCL permet de construire un arbre de syntaxe abstrait étendu qui prend en compte la sémantique du modèle et offre un mécanisme d'extension à travers des visiteurs (Gamma et al., 1995, p. 366-381). Ainsi, nous avons développé des visiteurs nous permettant d'extraire les variables impliquées dans une expression après son analyse sémantique. Par exemple, considérons la contrainte (02) du modèle de la figure 6.5 :

(02) *post* : *commande.produits* → *forall(p|p.qteDispo > 1)*

L'analyse sémantique de cette expression permet d'établir que l'attribut *qteDispo* est un attribut de la classe *Produits* et pouvons ainsi déterminer que la variable *commande.produits.qteDispo* est référencée par cette post-condition.

Finalement, notre module de tranchage de processus (*Slicer* dans la figure. 6.7) itère sur le modèle du processus et retient les noeuds qui font partie de la tranche selon l'algorithme présenté précédemment. Pour parcourir le modèle, nous avons développé des itérateurs nous permettant de parcourir le modèle en avant, en arrière ou en mode simulation. Ceci nous permet d'effectuer le tranchage en arrière ou en avant. Le tranchage avant nous sera utile dans un travail futur qui portera sur les points de retour offrant des chemins alternatif qui ne traversent pas le point d'interruption (voir 6.6).

Notre librairie fournit comme résultat un ensemble qui comporte les noeuds du processus qui sont reliés à l'erreur observée. Nous verrons dans la section qui suit comment nous exploitons ce résultat pour déterminer les points de retour potentiels. Mais avant d'y parvenir, nous allons passer succinctement en revue les travaux comparables à notre approche de tranchage.

6.5 Identification des points de retour

La section précédente s'est concentrée sur notre algorithme de tranchage pour extraire l'ensemble de noeuds du processus qui sont liés à l'erreur observée. Comme nous l'avons précédemment mentionné, cette étape nous permet de réduire la taille du problème en éliminant les noeuds du processus ne pouvant avoir causé l'erreur et de garder les candidats *potentiels* parmi lesquels nous pouvons choisir le point de retour.

Cependant, nous soutenons, dans la première sous-section ci-dessous, que les points de retour candidats obtenus par tranchage ne devraient pas tous être considérés comme candidats valides. Nous énoncerons des règles nous permettant d'éliminer, parmi les noeuds

de la tranche, ceux ne pouvant être des points de retour. Ceci permettra de réduire davantage l'ensemble des noeuds candidats et constitue le résultat de notre approche.

De plus, et dans l'optique d'aider l'analyste à choisir le meilleur point de retour, nous proposons de classer cet ensemble de points de retour en recourant à un ensemble d'heuristiques et de mesures telles que les coûts ou l'implication des différents participants au processus. Nous détaillerons nos propositions dans la sous-section 6.5.2.

6.5.1 Filtrage des points de retour

Avant d'entrer dans les détails de notre approche qui nous permet de filtrer la liste des points de retour candidats pour en extraire les points de retour valides, nous devons mieux comprendre dans quelles circonstances une approche de correction d'erreurs par retour arrière et ré-exécution serait pertinente. Pour ce faire, nous allons analyser les causes possibles d'une interruption d'un processus d'affaires. Nous proposerons, par la suite, deux heuristiques permettant de réduire davantage la liste des points de retour candidats.

6.5.1.1 Sur les causes d'une exception

Certains auteurs ont proposé des taxonomies qui classent les causes des exceptions (Casati et Cugola, 2001; Thaisongsuwan et Senivongse, 2011; Russell, van der Aalst et Hofstede, 2006). Dans ce qui suit, nous adopterons la classification de Casati et ses collègues (2001) car elle se situe au bon niveau d'abstraction pour notre analyse.

Ces auteurs ont déterminé qu'une erreur peut être causée soit par une erreur de données, une exception temporelle, une exception externe ou une exception liée à la logique du processus en lui-même. En supposant que les modèles de processus d'affaires que nous considérons reflètent correctement le comportement attendu, nous ne considérerons pas les exceptions de processus. Les exceptions temporelles se produisent lorsqu'une partie du processus est soumise à une contrainte temporelle (ex. : délai de réponse) et la contrainte en question a été violée. Ce genre d'exceptions ne peuvent être corrigées par

une procédure de compensation/ré-exécution. En effet, nous ne pouvons prétendre que le délai de réponse n'a pas été échu. Par conséquent, nous ne considérerons pas les erreurs temporelles dans notre analyse. Les exceptions portant sur les données se produisent suite à la « modification de données cruciales à l'exécution du processus » (Casati et Cugola, 2001, traduction libre). Les erreurs sur les données sont causées par une activité interne au processus (car les auteurs distinguent les exceptions internes des exceptions externes). Les exceptions externes sont des événements déclenchés par des humains ou des applications externes. Nous proposons de décomposer ces exceptions en deux sous-catégories : (1) celles déclenchées suite à une déviation du processus du comportement attendu et (2) celles qui ne sont pas reliées à l'état du processus d'affaires. L'exemple d'interruption que nous avons mentionné dans la section 6.1, portant sur un produit manquant dans le colis reçu par le client, se classe dans la première sous-catégorie. L'erreur est effectivement déclenchée par le client (exception externe) suite à la déviation du processus du comportement attendu. Pour illustrer la seconde sous-catégorie, nous pouvons imaginer une interruption faisant suite à une annulation de la commande par le client (sans raison liée au processus en tant que tel). Comme pour les exceptions temporelles, nous ignorons cette dernière sous-catégorie d'exceptions externes car elles ne peuvent être résolues par la reprise de l'exécution.

Ainsi, nous constatons que les erreurs au sein du processus d'affaires pouvant faire l'objet d'une correction par retour arrière ont en commun le fait d'avoir une activité (ou un ensemble d'activités) n'ayant pas produit le résultat escompté (c.-à-d. ses post-conditions). Donc, dans les circonstances d'une exception ayant forcé l'interruption du processus, les post-conditions d'une activité ne devraient plus être considérées comme un engagement contractuel, même si l'activité s'est apparemment terminée avec succès. Plutôt, nous *supposerons* qu'une activité réalise ses post-conditions mais cette hypothèse peut être remise en question. Ceci est dû au fait que plusieurs des activités sont manuelles ou reposent sur des entrées fournies par des partenaires externes et que ces activités ne sont pas systématiquement validées. Ainsi, l'ensemble des activités obtenues par tranchage sont les activités que nous *soupons* ne pas avoir réalisé leurs post-conditions.

6.5.1.2 Validation implicite des post-conditions

Selon la discussion ci-dessus, nous assumons que les post-conditions d'une activité peuvent ne pas être validées, même si l'activité s'est initialement terminée sans erreur apparente. Cependant, certaines activités sont validées implicitement par les pré-conditions d'autres activités en aval. Prenons par exemple l'activité *Vérifier la commande* de la figure 6.5 ainsi que la tranche présentée à la figure 6.6 calculée selon le critère de la formule 6.2. Selon la figure 6.6, cette activité a été retenue dans la tranche car elle modifie la variable *commande.produits.qteDispo*. Cette variable intervient dans la post-condition [2] de la figure 6.5 que nous reproduisons ci-dessous :

$$post : commande.produits \rightarrow forall(p|p.qteDispo > 1)$$

Or, nous pouvons constater que l'activité *Préparer la commande*, qui se trouve sur tous les chemins partant de l'activité *Vérifier la commande*, inclut la condition [2] comme une de ses pré-conditions. Nous concluons que la post-condition a été *validée implicitement*. En effet, étant donné que l'activité *Préparer la commande* s'est exécutée avant que le processus ne se soit interrompu, et qu'elle n'aurait pu s'exécuter si ses pré-conditions n'étaient pas vérifiées, nous en déduisons que la post-condition [2] était valide au moment où l'activité *Préparer la commande* a démarré. Par conséquent, nous considérons que l'activité *Préparer la commande* ne devrait pas faire partie des candidats comme point d'erreur. Pour généraliser cette règle, si une activité *A* munie d'une post-condition *p1* précède une activité *B* ayant *p1* comme une de ses pré-conditions, dès lors que *B* ait entamé son exécution avant l'interruption, nous pouvons supposer que la post-condition *p1* est vérifiée et ne peut être l'une des causes de l'erreur observée. Nous en déduisons que l'activité *A* ne peut faire partie des points de retour candidats.

Le lecteur est en droit de se demander pourquoi nous accordons un plus grand niveau de confiance aux pré-conditions qu'aux post-conditions. En effet, nous considérons que dans un contexte d'erreurs, une post-condition n'est pas garantie, même si l'activité a

terminé son exécution. D'un autre côté et dans les mêmes conditions, nous estimons que si une activité a terminé son exécution, ses pré-conditions sont vérifiées. Nous faisons cette conjecture en l'expliquant par le fait que si une activité reçoit une entrée incorrecte, il est fort probable que l'activité se soit interrompue. Dans le cas d'une activité automatique, une entrée incorrecte serait susceptible de déclencher une exception. Dans le cas d'une activité manuelle, il est également probable que l'agent en charge de l'exécution de l'activité détecte une incohérence lors de l'exécution de l'activité et réagisse en conséquence.

6.5.1.3 Points de retour et correction d'erreur

Considérons à présent les activités restantes. L'ensemble d'activités obtenues regroupe les activités ayant un impact direct ou transitif sur l'erreur observée, dont les effets (post-conditions) n'ont pas été validées et que nous considérons comme points de retour potentiels. Cependant, et tel que nous l'avons défini dans la section 6.2, un point de retour est une activité du processus d'affaires ayant la capacité de modifier son résultat initial de telle sorte qu'en rétablissant le processus à son état avant l'activité en question nous puissions corriger l'état erroné observé. Ainsi, il ne suffit pas qu'une activité soit liée à l'erreur observée, mais il faut également que l'activité soit en mesure de modifier le résultat qu'elle produit de sorte à corriger l'erreur. Cependant, plusieurs activités ne produiront aucun changement si le processus était rétabli dans l'état dans lequel il se trouvait avant l'exécution de l'activité en question. En effet, les tâches automatisées produiront invariablement le même résultat de façon systématique pour les mêmes données en entrée.

Ainsi, nous distinguons les activités de type manuel des activités automatisées. Les tâches manuelles sont effectuées par des humains qui, connaissant l'erreur qui s'est produite, sont en mesure de changer le résultat de l'activité. Nous conservons donc ces activités manuelles dans l'ensemble d'activités candidates. Quant aux activités automatisées, compte tenu que leurs données en entrée doivent être modifiées, nous proposons l'ajout d'une activité ad hoc qui précède l'activité afin que l'opérateur soit en mesure de modifier

manuellement l'état du système.

Ce traitement repose sur notre connaissance des types d'activités du processus. En effet, la norme BPMN prévoit un type de tâche générique (appelées aussi *tâche abstraite* par la norme). Dans ce cas, nous ne pouvons présager de la capacité de l'activité à modifier ses intrants et, par conséquent, les traitons comme des activités automatisées.

À présent, nous disposons d'un ensemble d'activités dont nous avons établi le lien avec l'erreur observée et pour lesquelles nous avons la capacité de modifier le résultat produit. De plus, nous avons éliminé les noeuds que nous considérons s'être exécutés correctement grâce à la validation implicite de leurs post-conditions. Dans un effort d'assister davantage un opérateur dans l'identification du meilleur point de retour, nous proposons, dans la sous-section qui suit, des heuristiques permettant de les classer du plus pertinent au moins pertinent.

6.5.2 Classement des points de retour : heuristiques d'optimisation

Quand plusieurs points de retours sont possibles, choisir où rétablir le processus est avant tout une décision d'affaires qui devrait incomber à l'analyste. En effet, considérant le niveau d'abstraction auquel nous analysons le processus d'affaires, nous en savons peu sur les autres dimensions et vues du processus telles que la stratégie d'affaires et la topologie des processus organisationnels. De plus, tel que nous l'avons mentionné au chapitre précédent (cf. 5.4.1), il existe de multiples façons de modéliser le même processus d'affaires. En effet, plusieurs facteurs de variabilité existent tels que le degré de granularité des tâches, l'expérience de l'analyste, les directives de modélisation organisationnelles, etc. Ainsi, à ce niveau d'abstraction, le mieux que l'on puisse faire est de classer les points de retour selon des critères définis par l'analyste. Dès lors, nous abordons la problématique comme un problème d'optimisation et tentons d'attribuer un score à chacun des points de retour candidats obtenus.

Dans ce qui suit, nous proposons quelques heuristiques permettant de classer les points de retour. L'implémentation et la validation de ces mesures dans le contexte du classement

des points de retour fera l'objet de travaux futurs. Nous exposons donc nos idées et n'abordons pas certains des aspects nécessitant une analyse plus approfondie, tels que le mode de calcul du score global pour un point de retour ainsi que la concurrence entre nos heuristiques/mesures.

6.5.2.1 Mesures structurelles

Tout d'abord, en considérant les aspects structurels du processus, nous tentons de favoriser les points de retour qui maximisent la performance du processus et qui minimisent l'effort/coût requis pour ré-exécuter les activités ayant déjà eu lieu. Plusieurs auteurs ont proposé des mesures basées sur une analyse structurelle du processus. Nous en reprenons certaines, que nous adapterons éventuellement à notre problématique, et en proposons d'autres.

Au premier abord, la mesure évidente (naïve) consiste à compter le nombre d'activités devant être reprises pour un point de retour donné. Nous souhaitons ainsi favoriser les points de retour les moins éloignés du point d'interruption du processus. Une variante de cette mesure consiste à ne considérer que les tâches manuelles devant être reprises et que nous souhaitons minimiser. Nous proposons donc la mesure du *facteur d'automatisation* (FA) suivante :

$$FA = \frac{\text{nombre d'activités manuelles} + \text{nombre total d'activités}}{\text{nombre total d'activités}} \quad (6.3)$$

Balasubramanian et Gupta (2005) ont également proposé des métriques permettant d'obtenir une approximation des performances d'un processus d'affaires. Une des mesures proposées par les auteurs est le *facteur d'intégration des rôles* (*role integration factor*, RIF) qui est utile dans le contexte d'une collaboration. La formule proposée par les auteurs pour calculer cette mesure est le ratio entre (1) le nombre de transitions impliquant un changement de rôle et (2) le nombre total d'activités du rôle.

Telle que formulée, la mesure est ambiguë car il n'est pas clair si nous devons considérer

la plus longue chaîne d'activités n'impliquant pas de transfert de contrôle à un autre participant, toutes les activités d'un participant à l'exception de celles qui envoient des messages, etc. Par contre, nous pourrions nous en inspirer et l'améliorer en considérant les types d'activités et d'événements d'un processus. En effet, cette mesure vise à estimer l'efficacité du processus en minimisant le nombre d'activités et d'événements externes qui sortent du contrôle de l'entreprise. Au-delà des messages entre participants, nous pourrions également considérer toutes les tâches pouvant causer une interruption temporaire du processus. Ceci inclut tous les événements intermédiaires de capture (*catch events*) ainsi que les activités de réception de messages. Nous ne considérons pas les événements émis (*throw events*) et les activités d'envoi de message car, selon la norme BPMN et sa sémantique d'exécution, ceux-ci sont asynchrones et n'interrompent pas le processus. En supposant $nbCapture_P$ le nombre d'événements de capture d'un participant P et $nbActivitésRéception_P$ le nombre d'activités du processus de P qui reçoivent un message d'un autre participant, nous définissons le *facteur d'intégration des activités* (*activity integration factor*, AIF) par la formule 6.4 ci-dessous. Plus le AIF est élevé, plus le participant perd fréquemment le contrôle de l'exécution du processus. Dans le classement des points de retour, nous devons favoriser les points de retour impliquant une ré-exécution qui minimise cette mesure.

$$AIF_P = \frac{nbCapture_P + nbActivitésRéception_P}{Nombre\ total\ d'activités\ de\ P} \quad (6.4)$$

Nous pouvons également considérer d'autres mesures basées sur les aspects structurels, telles que celles proposées par Gruhn (2007). Ce dernier propose d'adapter des mesures de génie logiciel au contexte des processus d'affaires. Parmi les mesures proposées, nous pouvons retenir la *mesure de la complexité de McCabe* ainsi que la mesure de la profondeur d'emboîtement des branches (*nesting depth metric*).

6.5.2.2 Mesures sémantiques

Dans la section précédente, nous nous sommes intéressés aux mesures nous permettant de classer les point de retour se basant sur des aspects purement structurels. Nous y ajoutons ici des heuristiques nous permettant de tirer profit de la sémantique du processus. Ceci implique que nous disposions davantage d'informations sur le processus, telles que d'autres vues ou une classification des activités du processus.

En l'occurrence et dans une perspective plus large, ce travail vise à déterminer le périmètre pour notre approche de compensation de processus d'affaires. Selon notre méthodologie, nous avons montré au chapitre 3 comment nous identifions les activités de compensation à réaliser en nous basant sur une vue métier (REA) du processus. Nous avons détaillé, au chapitre 4, une approche nous permettant de générer une telle vue en ayant recours à des motifs structurels et comportementaux. En intégrant l'identification du point de retour dans cette approche globale, nous pourrions tirer profit des informations métier dont nous disposons. En effet, la chaîne de valeurs REA dont nous disposons nous permet de mesurer des aspects que nous souhaitons minimiser.

Parmi ces mesures, nous pouvons calculer le nombre d'échanges transactionnels complétés que nous devons renverser. Renverser un échange transactionnel implique d'autres participants, des pertes sur les ressources économiques impliquées et d'autres activités telles que le règlement de créances éventuelles (voir chapitre 3). Connaissant la chaîne de valeurs de compensation, nous serions également en mesure de calculer les pertes impliquées en ramenant le processus à chacun des points de retour.

Balasubramanian et Gupta (2005) ont également proposé la métrique du *facteur d'automatisation des branches* (*branching automating factor*, BAF). Cette mesure permet d'estimer l'implication humaine dans la prise de décisions durant l'exécution du processus. Ceci suppose que nous connaissions l'implication d'un humain dans chacun des points de décision du processus. Elle se calcule en faisant le ratio entre les activités décisionnelles impliquant un humain et le nombre total d'activités décisionnelles.

$$BAF = \frac{\text{nombre d'activités décisionnelles manuelles}}{\text{total d'activités décisionnelles du processus}} \quad (6.5)$$

Une décision manuelle étant un point d'interruption du processus, nous voulons minimiser cette mesure dans l'attribution du score.

6.6 Discussion

Dans ce chapitre, nous avons proposé une méthode permettant de déterminer les points de retour lors de la compensation d'un processus d'affaires. Ce travail complète l'approche proposée au chapitre 3, où nous nous sommes intéressés au renversement du processus d'affaires en le rétablissant à son point initial. Nous avons avancé que, bien que cette approche soit nécessaire dans certains cas, il n'est souvent pas désirable d'annuler le processus intégralement. Nous voudrions plutôt le compenser jusqu'à un certain point, entre le point d'interruption et le point de retour identifié, puis reprendre l'exécution du processus.

L'approche que nous proposons permet d'aider l'analyste d'affaires à déterminer les paramètres de calcul des points d'erreurs et à l'opérateur, lors de l'exécution du processus, de choisir le point de retour approprié. Elle repose sur l'analyse du flux de données du processus à travers laquelle nous isolons les noeuds du processus, en amont du point d'interruption, qui ont pu modifier l'un des paramètres de l'erreur ayant causé l'avortement du processus. À partir de cet ensemble restreint de points de retour potentiels, nous classons les points de retour en nous basant sur un ensemble d'heuristiques ayant été sélectionnées par l'analyste. Dans ce qui suit, nous soulevons les limites ainsi que les nouvelles questions et problématiques relatives à notre approche et proposons, le cas échéant, nos idées pour y répondre.

6.6.1 Compensation et recouvrement d'erreurs

Comme nous l'avons mentionné au chapitre 1 (cf. 2.1.2), il existe deux méthodes de recouvrement d'erreurs : le recouvrement avant et le recouvrement arrière. La compensation s'inscrit dans cette dernière. Cependant, il est parfois plus efficace de procéder par recouvrement avant en engageant des actions correctives puis en continuant le processus. Citons, dans le cadre de notre exemple de la figure 6.5, le cas que nous évoquons concernant la livraison du colis à une mauvaise adresse. Procéder par recouvrement arrière nous force à récupérer le colis, corriger l'erreur puis ré-expédier le colis. Cependant, il serait plus efficace de procéder à l'expédition immédiate d'un autre colis au client légitime pour limiter son attente et garantir sa satisfaction, tout en récupérant le colis initial de façon parallèle.

De plus, comme nous l'avons mentionné en introduction de cette thèse, la compensation est souvent utilisée comme technique de dernier recours, soit quand une erreur survient pour laquelle nous n'avons pas prévu de mécanisme de recouvrement spécifique. Dans ce contexte, ce que nous proposons dans ce chapitre doit être perçu comme une optimisation de la compensation permettant la reprise de l'exécution et non une méthodologie automatisant la résolution d'erreurs des processus d'affaires.

6.6.2 Points d'erreurs et chemins alternatifs

Dans ce chapitre, nous nous sommes restreints à une définition limitative des points d'erreurs que nous considérons. En effet, nous nous sommes intéressés uniquement aux points d'erreurs permettant de (1) corriger l'erreur observée et reprendre l'exécution en reprenant le même chemin et (2) changer l'état du processus de sorte qu'un chemin alternatif *qui inclut le point d'interruption* soit emprunté.

Ainsi, nous avons ignoré les points d'erreurs permettant de considérer des chemins alternatifs ne passant pas par le point d'interruption. Ceci soulève des questions et défis supplémentaires. En effet, en nous appuyant simplement sur la sémantique des noeuds

des activités du processus telle que décrite dans ce chapitre, nous ne pouvons pas affirmer, hors de tout doute, que deux chemins réalisent des objectifs d'affaires équivalents.

Pour illustrer cet aspect, revenons à notre exemple de la figure 6.5 et considérons les différentes alternatives qui traitent du paiement. Si une erreur s'est produite relativement au paiement en débitant le compte en magasin du client (B1), nous pourrions considérer la branche spécifique aux clients privilégiés (B2) simplement en déclarant le client privilégié. Cependant, bien que ces deux alternatives réalisent l'objectif de paiement, il paraît inacceptable de transformer le client en un client privilégié sur le simple fait que le paiement « régulier » ait échoué. Cependant, l'alternative qui consiste à prélever le paiement à partir de la source de paiement secondaire (B3) paraît légitime. Ainsi, il convient de déterminer les paramètres nous permettant d'établir que deux chemins peuvent réaliser les mêmes objectifs ainsi que les modifications *acceptables* à l'état du système pour être en mesure de considérer ces chemins alternatifs.

6.6.3 Utilisabilité de notre approche

Pour identifier les points d'erreurs, nous avons proposé l'utilisation de la technique de tranchage qui permet de déterminer, à partir d'un ensemble de variables d'intérêt (dans notre cas, celles figurant dans l'expression de l'erreur observée), les noeuds du processus qui modifient directement ou de façon transitive ces variables. Ceci laisse supposer que nous disposons d'une expression de la sémantique des activités. À ce titre, nous avons proposé une extension au langage BPMN permettant de compléter les noeuds du processus par une sémantique déclarative exprimée dans le langage OCL. Tel que nous l'avons mentionné, cette définition de la sémantique des composantes du processus est fournie par l'analyste. Ceci représente la principale limite à l'utilisabilité de notre approche. En effet, demander à un analyste d'affaires de formaliser le processus en utilisant des expressions OCL représente une tâche complexe et qui va souvent au-delà de son expertise.

Dans nos travaux futurs, nous nous proposons d'améliorer cet aspect en s'engageant

sur deux fronts. Le premier consiste à définir un langage spécifique au domaine (*DSL*) utilisant une terminologie plus proche de la population cible. Ceci implique la définition d'un langage suffisamment expressif permettant de décrire les noeuds du processus au bon niveau de granularité. Cela implique également que le langage doit être moins abstrait que le langage OCL pour permettre son adoption par des analyste d'affaires. Ceci nous paraît atteignable si l'on considère que OCL est un langage généraliste et que nous pouvons le spécialiser en faisant abstraction de certains aspects non nécessaires de son vocabulaire dans le contexte spécifique qui nous intéresse.

Nous prévoyons aussi intervenir au niveau de la déduction de la sémantique des noeuds à partir d'autres vues du processus d'affaires. En effet, la vue dynamique du processus d'affaires n'exhibe qu'un nombre limité d'informations sur le processus, qui concernent uniquement les aspects opérationnels (comment exécuter le processus). Dans le chapitre 4, nous avons détaillé comment nous avons tiré partie de la vue REA qui présente la vue de la chaîne de valeurs du processus. Or, nous pouvons également considérer le processus selon d'autres perspectives. Notamment, la perspective des objectifs du processus permet de décrire le processus sous l'angle des objectifs d'affaires qu'il doit réaliser. Plusieurs approches dédiées à la formalisation des objectifs ont été proposées dont KAOS (Van Lamsweerde et Letier, 2004), GRL (Amyot et al., 2010) et *i** (Yu et Mylopoulos, 1996). Nous pensons que des informations utiles peuvent être obtenues à partir de ces modèles dans le but de déduire, en partie, la sémantique des activités.

6.6.4 Validation de l'approche

Nous avons présenté, dans la section 6.4.5, notre implémentation de notre algorithme de tranchage de processus. Cet outil constitue une preuve de concept qui nous a permis de valider l'applicabilité de notre approche de façon systématique. Cependant, ceci ne nous fournit aucune preuve sur des aspects tels que son utilisabilité ou la pertinence des heuristiques que nous proposons. Ces aspects ne peuvent être validés que par une expérimentation empirique. Nous proposons de mener ces expériences dans nos travaux futurs.

Dans le chapitre suivant, nous présentons nos études empiriques et l'analyse des résultats obtenus pour la validation des autres travaux présentés dans cette thèse.

CHAPITRE VII

EXPÉRIMENTATIONS ET RÉSULTATS

Dans les chapitres précédents, nous avons présenté une méthodologie pour la modélisation des processus de compensation des processus d'affaires que nous avons décomposée en quatre étapes. Chaque chapitre a traité d'une problématique qui s'intègre dans la problématique globale de la modélisation des processus de compensation. Dans ce chapitre, nous nous intéressons à validation de nos différentes approches. Nous devons, tout d'abord, identifier les aspects qui doivent être validés ainsi que les approches de validation possibles. Nous discuterons de ces points dans la première section. Ensuite, nous présenterons deux études empiriques que nous avons menées pour valider plusieurs des aspects identifiés. La première étude, présentée dans la section 7.2, se propose de mesurer la validité des activités de compensation élicitées selon l'approche présentée au chapitre 4 ainsi que les processus de compensation produits, entre autres. Dans la section 7.3, nous présentons notre seconde étude ayant porté sur la construction de chaînes de valeurs REA à partir d'un processus d'affaires exprimé en BPMN. Nous terminerons le chapitre par un récapitulatif des résultats (section 7.4).

7.1 Aspects à valider

Dans cette thèse, nous proposons une méthodologie visant à assister un analyste d'affaires dans la modélisation de ses processus de compensation d'un processus d'affaires. En validant notre approche, nous cherchons à obtenir des éléments de preuve qui nous permettent d'établir la cohérence et la couverture des résultats produits.

Nous avons décomposé notre méthodologie en quatre étapes (cf. chapitre 3), dont trois ont été abordées dans cette thèse. Dans chacune de ces étapes, nous nous proposons de résoudre une problématique au sein de la problématique globale de la modélisation

des processus de compensation. Dans la première étape (chapitre 4), nous identifions les activités nécessaires à la compensation *intégrale* d'un processus d'affaires en partant d'une chaîne de valeurs du processus exprimée en REA, dans le but d'obtenir comme résultat une chaîne de valeurs de *compensation* en REA. La seconde étape (chapitre 5) se propose de produire la chaîne de valeurs, nécessaire à la première étape, à partir d'un modèle de processus d'affaires en BPMN. Dans la troisième étape (chapitre 6), nous avons proposé une approche permettant d'identifier le périmètre à la compensation dans le but de compenser le processus partiellement et d'en reprendre l'exécution. La quatrième et dernière étape, qui n'a pas été abordée dans cette thèse, se chargera de transformer une chaîne de valeurs REA en un modèle de processus d'affaires. Une fois cette dernière étape réalisée, nous pourrions proposer une méthodologie faisant totalement abstraction, aux yeux de son utilisateur, de la représentation intermédiaire en REA dont elle dépend.

Au-delà des preuves de concept pour les différentes étapes, que nous avons démontrées par l'implémentation de prototypes, chacune des étapes abordées dans cette thèse admet plusieurs autres aspects à valider. Nous allons énumérer tous les aspects, puis discuter de ceux que nous avons traités dans ce chapitre.

Tout d'abord, et en ce qui concerne l'identification des activités de compensation (étape 1), nous souhaitons atteindre les objectifs suivants :

- **[Ia]** Nous assurer de la validité de la théorie à la base de notre approche, qui repose sur l'ensemble de facteurs de compensation que nous proposons ;
- **[Ib]** Vérifier que les activités de compensation que nous élicitons à travers cette approche sont bel est bien des activités qu'un analyste d'affaires mettrait en oeuvre pour compenser un processus d'affaires ;
- **[Ic]** Valider que la chaîne de valeurs globale du processus de compensation permette bien de compenser le processus d'affaires.

En ce qui concerne la seconde étape (de BPMN à REA), nous voulons nous assurer que les chaînes de valeurs produites par notre approche représentent bel et bien des chaînes de valeurs du processus d'affaires **[II]**. Quant à la troisième étape (périmètre de la compensation), il est important de vérifier que :

- **[IIIa]** les point de retour que nous identifions sont bel et bien des points de retour valides d'un point de vue métier ;
- **[IIIb]** les différentes métriques que nous proposons permettent d'optimiser le résultat de notre approche.

Pour la quatrième étape, qui porte sur la construction de processus BPMN à partir de chaînes de valeurs REA (la réciproque de l'étape 2), nous devons également valider que le processus BPMN produit, pour une chaîne de valeurs donnée, est une des solutions possibles **[IV]**.

De plus, nous devons considérer l'intégration de notre méthodologie qui permettrait de produire un modèle de processus de compensation (ex. : BPMN, CMMN) à partir d'un modèle de processus d'affaires (BPMN) pour un point d'interruption déterminé. À nouveau, nous souhaitons évaluer le résultat de notre approche en vérifiant la pertinence et la cohérence des processus de compensation produits **[V]**.

Finalement, compte tenu que l'objectif de cette méthodologie est d'assister les analystes d'affaires dans la modélisation des modèles de compensation, un dernier aspect que nous souhaitons évaluer est l'utilité d'une telle approche du point de vue de l'analyste **[VI]**. En effet, tel que nous en avons discuté en présentant notre problématique (c.f. 1.2), la modélisation des processus de compensation est une tâche complexe et coûteuse. Il en résulte qu'elle est généralement reléguée aux détails d'implémentation, et ce bien qu'il s'agisse d'une problématique qui relève du domaine des affaires et de l'analyse du processus. Nous jugeons donc important d'estimer le niveau de soutien que notre approche est en mesure d'apporter.

Idéalement, pour valider ces différents aspects, nous disposerions d'une banque de processus d'affaires munis de leurs processus de compensation respectifs, que nous pourrions considérer comme un étalon (*gold standard*) et sur lesquels nous pourrions appliquer nos approches et comparer nos résultats. Par exemple, pour valider que les activités de compensation identifiées pour un processus donné devraient bien faire partie du processus de compensation (c.-à.-d. **[Ib]**), nous pourrions (1) appliquer notre approche sur les

processus de notre banque de processus et (2) comparer le résultat que nous obtenons avec le processus de compensation du processus choisi. Cependant, au meilleur de notre connaissance, une telle banque de processus n'existe pas. Nous devons donc recourir au jugement d'experts et à des évaluations empiriques.

Dans le cadre de cette thèse, nous avons mené deux études empiriques :

- Dans la première (Étude A, section 7.2), nous nous sommes intéressés à la validation des aspects liés à l'identification des activités de compensation, à la construction du processus de compensation et l'utilité de l'approche (Ia, Ib, Ic et VI).
- La seconde étude (Étude B, section 7.3), de moindre envergure, a porté sur nos travaux de construction de la chaîne de valeurs REA à partir d'un modèle de processus exprimé en BPMN (II).

Dans les prochaines sections, nous présenterons le compte-rendu de ces deux études.

7.2 Étude A : Validation des facteurs de la compensation et de la modélisation des processus de compensation

Pour valider le travail ayant fait l'objet de la première partie de cette thèse, nous avons étudié empiriquement différentes questions associées à notre recherche et que nous décrivons dans la prochaine sous-section.

Notre étude a été menée sous la forme d'une expérience semi-contrôlée via Internet à travers un questionnaire en ligne à accès restreint. L'étude a impliqué des sujets ($n=21$) recrutés individuellement provenant de cinq pays, sur deux continents. Les principaux résultats qui ressortent de cette l'étude sont (1) que notre approche permet de produire des processus de compensation jugés valides par un analyste d'affaires avec des taux de précision et de rappel supérieurs à 75%, et (2) que les résultats produits par l'approche sont globalement jugés utiles par des analystes d'affaires.

Cette étude sera décrite en adoptant la structure suggérée par Wohlin *et al.* (2012) pour

rapporter des études empiriques en génie logiciel.¹ Nous présentons en détail la conception de l'étude dans la sous-section 7.2.2. Nous décrivons ensuite comment nous avons exécuté l'étude dans la sous-section 7.2.3 et en analysons les résultats dans la sous-section 7.2.4. Nous concluons par une interprétation des résultats et de leurs implications.

7.2.1 Questions de recherche

Dans cette étude, nous souhaitons tout d'abord évaluer la validité perçue de notre approche de modélisation des processus de compensation. Par *validité de notre approche* nous entendons que celle-ci permet de produire des processus de compensation jugés cohérents et pertinents et qui regroupent l'essentiel des activités qui doivent être menées pour compenser un processus donné. Cependant, comme nous en discutons dans la section 7.1, pour valider notre approche, nous devons recourir à l'avis de juges parmi la population des analystes d'affaires. Nous cherchons donc à répondre à la question de recherche principale suivante :

QR1 : Est-ce que notre approche de modélisation de processus permet de produire des processus de compensation qui sont jugés valides par un analyste d'affaires ?

Pour ce faire, nous souhaitons évaluer différents aspects de notre approche menant à la production des modèles de compensation. Tout d'abord, nous souhaitons valider le cadre théorique que nous proposons en vérifiant la pertinence de nos facteurs de compensation. En effet, tel que nous l'avons décrit dans le chapitre 4, notre approche repose sur l'abstraction métier du processus d'affaires dans cadre de l'ontologie REA. Cette abstraction nous a permis d'établir un ensemble de facteurs que nous croyons être décisionnels dans l'élicitation des activités de compensation. Par conséquent, nous voulons répondre à la sous-question :

QR1a : Est-ce que chacun des facteurs de compensation entrant dans la modélisation des processus de compensation que nous avons établi constitue un critère de décision

1. Les sections non pertinentes ont été éliminées

pertinent ?

Toutefois, il ne suffit pas que les facteurs décisionnels soient valides pour garantir la validité des modèles de processus de compensation que nous construisons. En effet, les facteurs de compensation nous disent, par exemple, que le type de transaction est un facteur de décision. Cependant, après avoir identifié une transaction comme un échange, nous avons établi que, pour compenser la transaction, l'échange doit être renversé (modulo d'autres considérations que nous ne mentionnons pas pour simplifier). Ainsi, le traitement qui découle des facteurs de compensation doit également faire l'objet d'une validation. En, d'autres termes, nous souhaitons répondre également à la seconde sous-question de recherche :

QR1b : *Est-ce que les activités de compensation identifiées par notre approche sont des activités jugées pertinentes et nécessaires, par un analyste d'affaires, pour compenser le processus d'affaires fourni en entrée ?*

Après avoir validé la pertinence des activités de compensation élicitées, répondre à notre première question de recherche nous oblige également à déterminer si le résultat, dans sa globalité, est jugé valide. En effet, notre approche ne se contente pas de lister des activités de compensation mais produit une chaîne de valeurs de compensation qui sera, dans un travail futur, la source principale permettant de produire un modèle de processus d'affaires de compensation (ex. : en BPMN). Ainsi, nous souhaitons déterminer :

QR1c : *Est-ce que le processus de compensation produit est jugé globalement valide par un analystes d'affaires ?*

Finalement, nous souhaitons également considérer l'implication de ce travail dans le processus de modélisation des processus d'affaires. En effet, et tel que nous l'avons décrit dans la section précédente, l'objectif de ce travail est de fournir aux analystes d'affaires un cadre et des outils les *assistant* dans la modélisation de leurs processus de compensation. À ce titre, nous souhaitons déterminer :

QR2 : *Au vu des résultats fournis par notre approche, est-ce que cette dernière est*

perçue comme utile par un analyste d'affaires ?

Nous décrivons, dans la prochaine sous-section, l'étude que nous avons conçue pour répondre à toutes ces questions.

7.2.2 Conception de l'étude

Dans cette section, nous décrivons la planification de notre expérimentation. Nous commencerons par décrire l'expérience, dans ses grandes lignes, ainsi que les sujets retenus et les objets de l'étude. Ensuite nous établirons nos hypothèses ainsi que les variables que nous allons mesurer pour les accepter ou les rejeter. Nous terminerons en énumérant les mesures de contrôle pour assurer validité de l'expérience.

7.2.2.1 Conception, Sujets et Objets

Tel que discuté dans la section 7.1, une des difficultés inhérentes à ce type de recherche est l'absence d'une banque de données de référence que nous pourrions utiliser comme étalon de mesure. Afin de pallier à ce manque, nous avons conçu un questionnaire où nous demandons à un panel de sujets, sélectionnés en tant qu'experts, de modéliser les processus de compensation pour un ensemble de processus d'affaires. Les modèles ainsi produits manuellement par nos sujets seront ensuite comparés aux modèles que nous produisons à travers notre approche. Pour effectuer la comparaison, nous avons adopté un mélange de mesures objectives et subjectives en établissant des mesures systématiques et en recourant au jugement de nos experts.

Pour recruter nos experts, nous avons annoncé l'étude dans différents cercles fréquentés par des analystes d'affaires. Parmi ces populations, nous citons notamment des groupes d'analystes d'affaires sur le réseau professionnel *LinkedIn*, les compagnies industrielles offrant des services d'analyse d'affaires et les écoles de gestion offrant des programmes dont l'analyse d'affaires est l'un des débouchés. De plus, suite à ces appels à participation, certains ne jugeant pas disposer des qualités requises nous ont suggéré d'autres participants. Les critères de sélection étaient de (1) disposer d'au moins une expérience

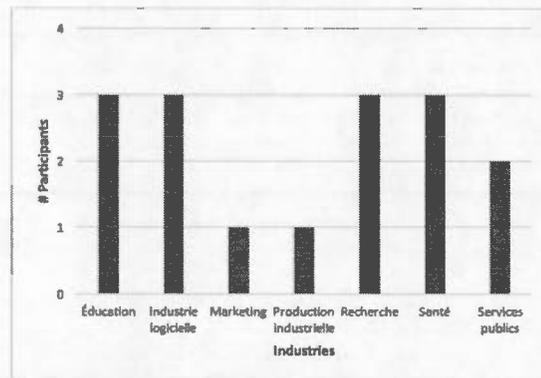


FIGURE 7.1 Répartition des sujets de l'étude A par industrie.

industrielle d'un an où les responsabilités incluaient des tâches d'analyse, de conception, de modélisation ou d'implémentation de processus d'affaires et (2) disposer de connaissances suffisantes pour interpréter et modéliser un modèle BPMN en ayant soit une expérience de 6 mois ou plus avec ce langage ou en ayant suivi un cours de modélisation.

Vingt-et-un participants répondant à ces critères ont complété le questionnaire : seize acteurs de l'industrie et cinq étudiants, répartis sur cinq pays (Canada, États-Unis, France, Brésil et Espagne). Tous les étudiants proviennent d'écoles de gestion. Les sujets actifs dans l'industrie se répartissent sur sept domaines différents, tel qu'illustré par la figure 7.1. Nous notons que ceux ayant mentionné travailler dans l'éducation sont des professeurs d'université oeuvrant dans un domaine connexe à la modélisation et à l'analyse d'affaires. Aucun des sujets retenus n'a été impliqué, de près ou de loin, dans notre recherche ou dans la conception de cette étude. Les cinq participants étudiants ont fait partie de la phase de pré-tests Internet que nous décrivons dans le paragraphe 7.2.2.4. Une prime de participation fut accordée à tous les sujets : les sujets des pré-tests ont reçu une compensation de 75\$, tandis que les autres sujets ont reçu un montant de 30\$. La différence entre les montants s'explique par le fait que les pré-tests se faisaient en laboratoire et les sujets devaient se déplacer, tandis que les autres effectuaient l'étude depuis l'endroit de leur choix.

L'étude que nous avons conçue se décompose en deux étapes (l'annexe 3 présente une

version papier du questionnaire soumis aux participants). Dans la première étape de l'expérience, nous avons demandé à nos sujets de concevoir le modèle de compensation des processus d'affaires pour un total de sept (7) processus d'affaires en BPMN. Une fois cette étape terminée, nous avons présenté à nos participants, tour à tour, les modèles de compensations des processus d'affaires de la première partie conçus selon notre approche présentée au chapitre 3 et sous la forme d'un modèle BPMN. Pour chaque processus, nous leur avons demandé de juger de la pertinence globale du processus de compensation, ainsi que de la pertinence de chaque élément du processus (activités et événements BPMN) sur une échelle de *Likert* de 1 à 5. De plus, et pour chaque processus de compensation, il était demandé aux participants de faire correspondre les éléments du processus de compensation qu'ils ont modélisé manuellement aux éléments du processus de compensation généré de façon automatique, et inversement. Le choix de diviser l'étude en deux phases (phase de modélisation manuelle pour les sept processus, puis phase de correspondance pour les sept processus) a été fait afin d'éviter l'effet d'apprentissage (*learning effect*). En effet, si nous avons demandé à nos sujets de modéliser la compensation pour le premier processus, puis lui révéler le processus généré pour effectuer les correspondances, ils auraient pu s'inspirer de notre solution pour modéliser le prochain processus. De plus, cet effet gagnerait en importance au fur et à mesure qu'ils s'approcheraient de la fin du questionnaire.

Dans la phase où les participants doivent faire correspondre des activités, si le participant jugeait qu'il n'y avait aucune correspondance pour un des éléments du modèle, celui-ci pouvait choisir parmi l'un des 3 choix suivants :

- Choix 1 : Il n'y a aucune correspondance mais je pense que ce n'est pas nécessaire qu'il y en ait ;
- Choix 2 : Il n'y a aucune correspondance et je pense qu'il aurait été bien qu'il y en ait ;
- Choix 3 : Il n'y a aucune correspondance et je pense qu'il aurait été nécessaire d'en avoir.

Ces réponses seront interprétées différemment, selon que le participant fasse correspondre

les éléments du modèle automatique au modèle manuel ou l'inverse. En effet, dans le premier cas, si le participant choisi le *Choix 1*, ceci veut dire que, bien que le modèle automatique n'ait pas produit une activité correspondante, le participant juge que ce n'est pas nécessaire. Par conséquent, nous en déduisons que le participant a jugé une de ses activités comme étant non nécessaire. Dans le second cas, si le participant effectue le même choix, nous comprenons que l'activité évaluée du modèle produit automatiquement n'est pas nécessaire à la compensation. Cependant, si le sujet choisit le *Choix 3* pour une des activités de son modèle manuel, nous l'interprétons comme « L'approche a manqué de générer une activité importante pour la compensation que j'avais incluse dans mon processus manuel ». Dans le cas inverse (c.-à.-d. il choisit le *Choix 3* pour une des activités du modèle généré), nous comprenons « L'approche automatique a généré une activité importante que j'ai omis d'ajouter à mon processus manuel ».

Pour maximiser nos chances d'obtenir des données statistiquement significatives, nous avons souhaité obtenir le plus de points de données possibles, tout en tenant compte (1) du bassin limité dont nous disposions pour recruter des participants et (2) de la limite de leurs capacités d'attention. En effet, modéliser un processus de compensation nécessite une bonne compréhension du processus d'affaires et un niveau de concentration élevé. Or, chaque sujet avait la tâche de modéliser sept processus de compensation et un effort de compréhension et de modélisation était requis pour chacun. Nous avons donc fait le choix de présenter sept variations du même processus d'affaires, en faisant varier soit le contexte, soit le domaine d'activité. La raison fut notre souci de ne pas imposer une tâche trop exigeante en termes de temps et d'efforts pour limiter les risques de biais liés à la fatigue et la concentration de nos sujets. Ainsi, en préservant globalement le même processus d'affaires mais en faisant varier quelques facteurs, nous économisons à nos sujets l'effort requis pour analyser et comprendre un processus différent, limitant leurs tâches pour les processus 2 à 7 à analyser les modifications à apporter à leurs modèles. Nous illustrons, dans la figure 7.2, le processus initial de fabrication, vente et distribution de vélos sur mesure. Dans le tableau 7.1, nous énumérons la liste des variations apportées au processus original dans chaque cas. Pour consulter la liste complète des processus ainsi

Processus	Description	Variation
P1	Fabriqueur de vélos (Vente & Distribution)	
P2	Fabriqueur de vélos (Vente & Distribution)	Annulation de commande
P3	Fabriqueur de vélos (Vente & Distribution)	Rappel de produits
P4	Fabriqueur de vélos (Vente & Distribution)	Approvisionnement
P5	Fabriqueur de vélos (Vente & Distribution)	Personnalisations majeures
P7	Pizzeria	Annulation de commande
P8	Location de vélos sur mesure	Location de produit

TABLE 7.1 Objets (processus d'affaires) de l'étude A.

que leurs modèles, nous renvoyons le lecteur à l'annexe 3.

Notons que les processus d'affaires présentés à nos participants font totalement abstraction du modèle REA que nous utilisons comme représentation intermédiaire du processus pour appliquer notre approche (cf. chapitre 4). Ceci est dû au fait que l'ontologie REA n'est pas aussi répandue et connue que le langage BPMN. Ainsi, requérir une compétence en REA de la part de nos participants aurait réduit grandement notre bassin de recrutement. D'un autre côté, nous avons écarté l'option d'offrir une formation sur REA à nos participants car (1) ceci aurait introduit une limite à la validité de nos résultats et (2) nous aurions aussi réduit notre bassin en nous limitant à la population accessible localement. Par conséquent, nous avons :

1. Transformé manuellement les modèles de processus BPMN que nous utilisons dans l'étude en REA ; et
2. Appliqué notre approche sur le modèle REA obtenu ci-dessus puis converti le résultat généré (initialement en REA) en BPMN manuellement pour que ceux-ci puissent être analysés par nos participants.

7.2.2.2 Hypothèses

Pour répondre à notre première question de recherche (**QR1a**) et vérifier la pertinence de nos facteurs de compensation, nous souhaitons vérifier si chacun de nos facteurs/sous-facteurs a une influence sur la conception des processus de compensation.

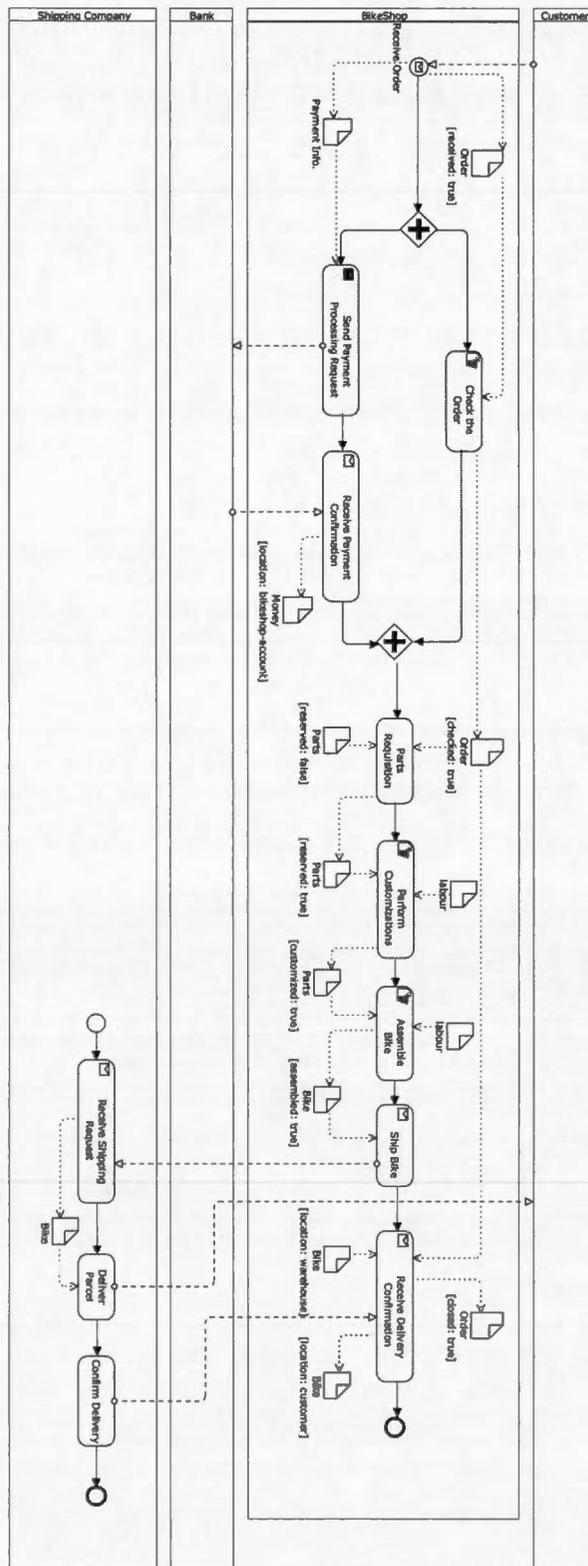


FIGURE 7.2 Processus de fabrication, vente et distribution de vélos sur mesure utilisé dans l'étude A.

Idéalement, pour mesurer l'influence d'un facteur, il aurait fallu demander à nos sujets de modéliser les processus de compensation de plusieurs variations du même processus, chaque variation faisant modifier un paramètre de l'un de nos facteurs. Par exemple, dans le cadre du processus de *ABC Inc.*, nous demanderions à nos participants de modéliser le processus de compensation considérant que les produits achetés sont des livres (par exemple). Ensuite, nous leur demanderions de faire le même exercice, en changeant les produits pour des soupes en conserve (produit périssable). Ensuite, en comparant les deux modèles, nous pourrions établir la validité du facteur périssable des ressources économiques si nous notions une différence entre les deux processus de compensation. Si aucune modification n'était observée, tout ce que nous pouvons en déduire est que le facteur en question n'a aucune incidence sur la compensation du processus en question *dans le contexte analysé*.

Cependant, en procédant de la sorte, nous devons disposer d'autant de variations de processus d'affaires que de combinaisons de paramètres de nos facteurs. Notamment, en considérant seulement les valeurs possibles pour chacun des facteurs, nous devons avoir $2^9 \times 3 = 1536$ variations possibles (voir tableau 7.2). Cependant, toutes les combinaisons ne sont pas pertinentes (ex. : la réversibilité d'une propriété dans le cadre d'un échange) et, en éliminant les variations non pertinentes, nous obtenons un nombre total de combinaisons de l'ordre de 60. À l'échelle de notre étude et considérant le nombre restreint de nos participants, il n'est pas envisageable d'étudier toutes les combinaisons, et ce même en adoptant une conception d'étude intra-sujet (*within-subject design*) (Charness, Gneezy et Kuhn, 2012).

Ainsi, n'étant pas en mesure d'établir la pertinence directement, nous tenterons de l'établir par abduction en cherchant des *indicateurs* de pertinence. Pour ce faire, nous avons décidé de recourir à une double stratégie pour évaluer la pertinence de nos facteurs. Tout d'abord, nous nous sommes assurés que chacun des facteurs s'applique dans au moins une occasion dans les sept processus soumis à nos participants. Ensuite, dans le cadre de notre première stratégie, nous avons analysé manuellement chacun des processus de

Facteur	Sous-facteur	Valeurs
Type de transaction		Échange/Conversion
Type de ressource	Fluctuante	Booléenne
Type de ressource	Périssable	Booléenne
Type de ressource	Discrète	Booléenne
Type de propriété	Réversible	Oui, Non, Semi
Type de propriété	Primaire	Booléenne
Type d'événement	Graduel	Booléenne
Type d'événement	Avec coûts	Booléenne
Moment d'interruption		
Agent responsable		

TABLE 7.2 Liste des facteurs de compensation à valider.

compensation modélisés par les participants dans le but de déterminer si chacun des facteurs de compensation attendu dans le processus a été pris en compte dans le modèle de compensation du participant. Chaque modèle doit être analysé par deux juges et un troisième juge intervient en cas de conflit. Nous estimons que pour obtenir un indicateur fort de la pertinence d'un facteur, ce dernier doit avoir été relevé au moins 50% du temps dans les modèles de nos sujets, en considérant seulement les modèles où le facteur est attendu. Ainsi, nous souhaitons valider l'hypothèse suivante :

$H_{Facteur1}$: Chaque facteur a été relevé au moins 50% du temps, là où c'est pertinent, dans les processus d'affaires modélisés des participants.

La seconde stratégie repose sur l'évaluation des activités des processus générés *automatiquement* par les participants. Nous avons établi, dans un premier temps, la correspondance entre (1) chacun de nos facteurs et (2) les activités des processus générés automatiquement qui correspondent au facteur. Par exemple, si une propriété est non-réversible alors une créance doit être émise. Par conséquent, l'activité du processus généré automatiquement qui émet cette créance est associée au facteur *Propriété non-réversible*. Typiquement, plus d'une activité peut être associée à chaque facteur, et une même activité peut être associée à plus d'un facteur. À partir de ces associations entre activités générées et ces facteurs, nous calculons la pertinence du facteur en faisant la moyenne de la pertinence des activités lui étant associées. Nous rappelons que le score

de pertinence des activités est un score sur une échelle de *Likert* de 1 à 5. Par exemple, si pour le facteur de périsabilité des ressources nous avons deux activités qui sont incluses dans le processus P6, un participant ayant donné un score de 3/5 et de 4/5 à ces deux activités (respectivement) sera réputé avoir donné un score de 3,5 sur 5 à ce facteur. Pour qu'un facteur soit pertinent, selon cette deuxième stratégie, nous nous attendons à ce qu'il obtienne un score de pertinence moyen de plus de 3 sur la même échelle.

$H_{Facteur2}$: Le score de pertinence moyen de chaque facteur doit être supérieur à 3 sur une échelle de *Likert* de 1 à 5.

Quant à la validité des activités produites par notre approche (QR1b), nous estimons être en mesure de produire la majeure partie des activités de compensation nécessaires pour compenser un processus d'affaires. Pour le mesurer, nous recourons à deux mesures, issues du domaine de la recherche de l'information : la *précision* et le *rappel* (Ting, 2010). La première calcule la proportion des activités de compensation jugées pertinentes parmi l'ensemble d'activités du processus d'affaires généré. Quant au *rappel*, il évalue la proportion des activités générées qui ont aussi été proposées par le participant, par le nombre d'activités qui ont été proposées par le participant. Dans notre étude, nous souhaitons nous assurer qu'une grande proportion des activités générées sont pertinentes et requises. Nous choisissons, 75% comme objectif à atteindre et nous formulons l'hypothèse suivante :

H_{Prec} : Au moins 75% des activités du processus de compensation générées par notre approche sont jugées pertinentes et requises par un analyste.

De plus, et tel que nous l'avons décrit plus haut, nous considérons les modèles de compensation produits par nos sujets comme un étalon de mesure. Ainsi, nous souhaitons retrouver, dans le processus généré, au moins 75% des activités ayant été modélisées manuellement par le participant (*rappel* > 75%), soit l'hypothèse suivante :

H_{Rec} : Au moins 75% des activités du processus de compensation généré se retrouvent dans le processus de compensation modélisé manuellement par un analyste.

Nous évaluons également la validité globale du processus (**QR1c**), qui tient compte de l'orchestration des activités présentées. À ce titre, nous demandons à nos sujet d'assigner un score, sur une échelle de 1 à 5, pour chaque processus produit automatiquement. Nous estimons que l'analyste ne considère pas le processus valide s'il lui accorde un score de 3 ou moins.

H_{Glob} : Globalement, un analyste d'affaires considère les processus générés automatiquement valides en leur assignant un score supérieur à 3 sur une échelle de *Likert* de 1 à 5.

Finalement, nous souhaitons vérifier si les résultats fournis par notre approche sont jugés utiles par les répondants (**QR2**). Pour évaluer cet aspect, nous avons utilisé le modèle de Davis (1989) et avons inclus les questions correspondant aux dimensions portant sur l'*utilité perçue* et l'*intention d'utilisation* dans notre questionnaire (Davis, 1989). Pour chacune de ces questions, le participant doit évaluer un énoncé et répondre sur une échelle de *Likert* de 1 à 5 selon qu'il soit fortement en désaccord (1) ou fortement en accord (5) avec l'énoncé. Comme pour l'hypothèse précédente, nous jugeons qu'un score global de 3 ou moins constitue un jugement défavorable. Par conséquent, nous souhaitons tester les deux hypothèses ci-dessous :

H_{Util} : Globalement, et au vu des résultats produits, un analyste d'affaires juge que notre approche est utile et lui accorde un score d'utilité de plus que 3 sur une échelle de *Likert* de 1 à 5.

H_{IUtil} : Globalement, et au vu des résultats produits, un analyste d'affaires penserait à utiliser notre approche s'il devait modéliser un processus de compensation et lui accorde un score d'intention d'utilisation supérieur à 3 sur une échelle de *Likert* de 1 à 5.

Dans le paragraphe suivant, nous passons en revue les variables que nous utiliserons pour la validation de ces hypothèses.

7.2.2.3 Variables

(a) Variable liées aux facteurs de compensation

Tel qu'expliqué ci-dessus, nous avons employé deux stratégies pour évaluer la pertinence de nos facteurs. Dans la première, nous avons établi, pour chaque processus, l'ensemble des facteurs applicables (attendus). Puis, nous avons analysé manuellement chacun des modèles des participants pour déterminer si les facteurs ont été pris en compte par les sujets. Pour répondre à notre hypothèse $H_{Facteur1}$, nous calculons d'abord la moyenne d'utilisation d'un facteur F par un utilisateur u .

Soit la fonction $attendu(F)$ qui représente le nombre de fois où le facteur F est attendu parmi les processus de notre étude. Alors, nous calculons :

$$utilisationFacteur_F(p) = \frac{\text{nombre de fois où } p \text{ a utilisé } F}{attendu(F)} \quad (7.1)$$

Nous présentons dans l'annexe 4 le tableau d'associations des facteurs avec les processus utilisés dans l'étude sur lesquels nous basons ce calcul (c.-à.-d. la fonction $attendu$). Finalement, nous calculons le taux d'utilisation d'un facteur F par :

$$utilisationFacteur_F = \frac{\sum_p utilisationFacteur_F(p)}{\text{nombre de participants}} \quad (7.2)$$

Dans le cadre de la seconde stratégie de validation des facteurs, nous avons considéré, pour chaque facteur, le score de pertinence (échelle de 1 à 5) des activités associées au facteur attribué par le répondant. Puis, nous avons effectué la moyenne de ces scores pour l'attribuer au facteur. Ainsi, pour un facteur F et un processus de compensation généré P , nous définissons le score du facteur accordé par le participant i :

$$Score_{Facteur P}(i) = \frac{\sum \text{scores des activités de } P \text{ associées au facteur } F}{\text{nombre d'activités associées au facteur } F \text{ dans le processus } P} \quad (7.3)$$

(b) Variables associées à la pertinence des activités de compensation

Pour évaluer la validité des activités produites, nous recourons à deux mesures, issues du domaine de la recherche de l'information : la *précision* et le *rappel* (Ting, 2010). La première calcule la proportion des activités de compensation jugées pertinentes parmi l'ensemble d'activités du processus d'affaires généré. Quant à la seconde, elle évalue la proportion des activités générées qui ont aussi été proposées par le participant, par le nombre d'activités qui ont été proposées par le participant.

Tel que nous l'avions mentionné, nous demandons aux participants d'associer, pour chaque activité des processus qu'ils ont produits manuellement, une activité du modèle généré automatiquement, le cas échéant. Sinon, nous demandons au participant s'il juge que la correspondance n'est pas nécessaire (il juge que son activité est superflue), qu'une correspondance aurait été souhaitable, ou qu'une correspondance était absolument nécessaire (il juge que l'activité est manquante dans le modèle généré). À partir de ces données, pour un processus P donné, nous avons calculé les variables suivantes :

MM_P^{Strong} = nombre d'activités du processus manuel pour lesquelles le sujet a trouvé une correspondance avec le processus automatique.

MM_P^{NI} = nombre d'activités du processus manuel pour lesquelles une correspondance n'a pas été trouvée et est jugée non-nécessaire.

MM_P^{NFail} = nombre d'activités du processus manuel pour lesquelles une correspondance n'a pas été trouvée et serait souhaitable.

MM_P^{Fail} = nombre d'activités du processus manuel pour lesquelles une correspondance n'a pas été trouvée et serait absolument nécessaire.

À partir de ces variables, nous calculons le taux de rappel en faisant le ratio entre le nombre d'activités ayant trouvé correspondance et le nombre total d'activités du pro-

cessus produit par le participant, en excluant les activités qu'il a jugées non nécessaires (MM_P^{NI}). Soit :

$$Rappel_P = \frac{MM_P^{Strong}}{MM_P^{Strong} + MM_P^{NFail} + MM_P^{Fail}} \quad (7.4)$$

Pour calculer la précision, nous recourons à une stratégie similaire, mais cette fois en considérant les correspondances réciproques (le sujet fait correspondre les activités de son modèle manuel aux activités ayant été générées automatiquement) :

-
- AM_P^{Strong} = nombre d'activités du processus automatique pour lesquelles le sujet a trouvé une correspondance avec le processus manuel.
- AM_P^{NI} = nombre d'activités du processus automatique pour lesquelles une correspondance n'a pas été trouvée et est jugée non-nécessaire.
- AM_P^{NFail} = nombre d'activités du processus automatique pour lesquelles une correspondance n'a pas été trouvée et serait souhaitable.
- AM_P^{Fail} = nombre d'activités du processus automatique pour lesquelles une correspondance n'a pas été trouvée et serait absolument nécessaire.
-

Pour calculer la précision, nous considérons les activités ayant trouvé correspondance (AM_P^{Strong}), les activités absentes mais désirables (AM_P^{NFail} : le participant juge qu'il aurait été désirable qu'il les mette dans son modèle) et les activités absentes et nécessaires (AM_P^{Fail} : le participant estime que ces activités sont nécessaires et manquent à son modèle). La précision est alors calculée en faisant le ratio entre ces variables et le nombre total d'activités ayant été générées automatiquement :

$$Précision_P = \frac{AM_P^{Strong} + AM_P^{NFail} + AM_P^{Fail}}{AM_P^{Strong} + AM_P^{NI} + AM_P^{NFail} + AM_P^{Fail}} \quad (7.5)$$

(c) Variables associées à l'utilité de l'approche

Tel que nous l'avons mentionné plus haut, nous avons utilisé le modèle de Davis pour évaluer l'utilité perçue et l'intention d'utilisation de notre approche par les sujets de

l'étude (Davis, 1989). Dans son modèle, Davis propose quatre questions pour évaluer l'utilité perçue et trois questions pour mesurer l'intention d'utilisation de l'approche par le sujet. Pour chaque énoncé, le sujet doit attribuer un score de 1 à 5, où 1 signifie qu'il est fortement en désaccord et 5 signifie qu'il est fortement en accord. Afin d'éviter les biais de réponse, nous avons mélangé les formulations négatives et les formulations positives des énoncés et présenté les énoncés dans un ordre aléatoire.² Les scores de questions formulées négativement ont été ajustés avant d'effectuer les analyses. C'est-à-dire que pour une question q formulée négativement ayant obtenu un score $score_n(q)$, nous calculons son score ajusté positivement $score(q) = 6 - score_n(q)$.

Ensuite, pour chaque dimension (utilité perçue et intention d'utilisation), nous avons calculé la moyenne des scores des questions associées dans les variables $Util_i$ (utilité perçue) et $IUtil_i$ (intention d'utilisation) pour chaque sujet i .

7.2.2.4 Instruments de mesure

Pour mener notre étude, nous avons d'abord envisagé d'utiliser un formulaire papier tel que celui présenté en annexe 3. Cependant, nous avons écarté cette option pour plusieurs raisons. La raison principale était que nous ne pouvions pas contrôler la qualité des réponses et empêcher les erreurs. En effet, nous demandons aux sujets de modéliser des processus ainsi que de faire la correspondance entre leurs processus modélisés manuellement et les processus construits par notre approche. Plusieurs erreurs ont ainsi pu être évitées, dont des erreurs de modélisation (non-respect du langage BPMN) ou des erreurs de mise en correspondance (ex. : une activité n'existe pas), optimisant la qualité des réponses. En effet, compte tenu de la taille réduite de notre cohorte, nous ne pouvions nous permettre d'éliminer des réponses. Au-delà de la qualité des résultats, le choix fut justifié par des considérations logistiques. En effet, notre population cible se compose de personnes généralement sur le marché du travail avec des disponibilités limitées. De plus, l'utilisation d'un questionnaire en ligne nous a permis de considérer

2. L'ordre des énoncés variait d'un répondant à un autre.

un bassin de recrutement international plutôt que limité à la grande région de Montréal. Finalement, selon une étude de Gunter *et al.* (2002), les questionnaires en ligne produisent des réponses ouvertes plus riches que le mode papier. Considérant qu'une bonne partie de notre étude se compose de questions ouvertes (ex. : modèles BPMN à créer), cet aspect a conforté notre choix.

Le questionnaire a été implémenté en français et en anglais sur la plateforme *LimeSurvey* v. 2.06+. ³ *LimeSurvey* est une application Web open source permettant à la fois de concevoir des questionnaires en ligne et d'effectuer la collecte des données liées aux questionnaires. L'outil offre un grand nombre de types de questions ainsi qu'un puissant module de calcul des sauts de questions. De plus, il offre plusieurs fonctionnalités telles que les contrôles d'accès, l'anonymisation des réponses, la mesure des performances par question (ex. : temps réponse) et l'export vers les logiciels de statistiques (ex. : SPSS).

Cependant, *LimeSurvey* n'offre que peu de possibilités d'extension. Compte tenu que notre questionnaire requiert que les répondant modélisent des modèles BPMN, nous avons modifié le logiciel pour y intégrer un module de modélisation BPMN que nous avons adapté depuis le module *open source bpmn.io* offert par la compagnie *Camunda*. ⁴ Cette tâche a constitué la majeure partie de la préparation de l'expérimentation et a requis plusieurs itérations et tests pour nous assurer que l'outil se comportait tel que prévu dans tous les environnements.

Finalement, dans le but de nous assurer que le questionnaire permettait une collecte adéquate des données, nous avons effectué deux vagues de tests pilotes. Dans la première, menée avec deux répondants, nous nous sommes concentrés sur les biais conceptuels et méthodologiques. Nous cherchions à débusquer des problèmes tels que des formulations ambiguës ou des problèmes d'utilisabilité du questionnaire en ligne. Nous avons également validé notre approche d'analyse des données à partir des données recueillies. Les

3. <http://www.limesurvey.org>. Dernier accès : 2016-01-01

4. <http://bpmn.io>, dernier accès : 2016-01-01.

réponses à ce premier test pilote n'ont pas été utilisées dans nos résultats. Ce test nous a permis de confirmer l'une de nos craintes concernant le temps requis pour compléter le questionnaire. En effet, les participants à ce pilote ont passé quatre heures à répondre au questionnaire. C'est notamment la raison qui nous a poussé à modifier notre conception du questionnaire et adopter un seul processus d'affaires avec des variations ciblées, plutôt qu'un processus différent à chaque question.

Quant à la seconde vague de tests pilotes, que nous appelons *pilote Internet*, nous nous sommes intéressés à l'utilisabilité du questionnaire sans assistance directe de l'expérimentateur. Ceci a été fait dans le but de se rapprocher des conditions réelles dans lesquelles la collecte serait faite, à savoir via Internet sans aucun contact direct avec l'expérimentateur. Nous avons effectué ce pilote en trois séances qui ont impliqué cinq répondants. Durant le pilote, l'expérimentateur était présent sur place avec les sujets, mais ne donnait aucune explication ni indication. Ces derniers disposaient d'un lien vers le questionnaire qui leur avait été envoyé par courriel. Si, durant l'expérience, un répondant avait une question ou une incompréhension, l'expérimentateur pouvait lui répondre en prenant note de la question. À partir des questions posées, le questionnaire a été adapté pour améliorer ou clarifier les formulations problématiques. Lors de la dernière séance du pilote (qui ne comportait qu'un seul sujet), le sujet a pu terminer le questionnaire sans poser aucune question, ce qui nous a conforté dans le lancement de l'étude. Considérant que cette deuxième vague de tests pilotes s'est déroulée dans des conditions comparables à celles des autres répondants par Internet, nous avons inclus leurs réponses dans nos résultats.

7.2.2.5 Procédure de collecte des données

Nous avons recruté les participants entre le 1^{er} août 2015 et le 30 septembre 2015. La collecte des données s'est échelonnée entre le 15 octobre 2015 et le 15 novembre 2015. Le premier test pilote s'est fait en une session, le 5 octobre 2015. Les pilotes Internet ont été menés sur trois sessions, les 10, 12 et 15 octobre 2015.

Outre les tests pilotes, la collecte de données s'est effectuée entièrement par Internet. Les sujets n'avaient aucune restriction sur l'endroit ou l'heure auxquels ils devaient répondre au questionnaire et ils ont utilisé leurs propres équipements. Les sujets avaient également la possibilité d'interrompre le questionnaire et de le reprendre par la suite. La durée requise pour répondre au questionnaire s'échelonnait entre 2 heures et 30 minutes et 5 heures. En moyenne, compléter le questionnaire a requis un effort de 4 heures.

7.2.2.6 Contrôles de validité

Pendant la conception et l'implémentation du questionnaire, nous avons pris en compte un ensemble de risques de biais pouvant affecter la qualité de nos données. Nous avons mis en place un contrôle d'accès au questionnaire ainsi qu'établi plusieurs contrôles pour limiter l'accès uniquement aux terminaux permis. Nous avons également implémenté d'autres mesures que nous détaillons dans la suite. Notons que nous avons analysé les sources de biais en nous référant à ceux énumérés par Wohlin *et al.* (2012, chap. 8) .

Tout d'abord, étant donné que les sujets répondaient au questionnaire sans aucune supervision, nous y avons inclus tout le matériel de formation. Ainsi, plusieurs pages explicatives étaient prévues pour que les participants aient une idée claire de ce qui leur était demandé. Notre test pilote Internet nous a permis de nous en assurer.

De plus, pour éviter les biais liés à la fatigue des sujets, nous avons permis l'enregistrement et la reprise du questionnaire. Nous avons également autorisé, dans l'outil, que les usagers puissent retourner à leurs réponses précédentes pour les consulter ou les modifier. Cependant, nous ne voulions pas courir le risque que nos répondants retournent modifier leurs modèles en s'inspirant des modèles générés automatiquement. En effet, rappelons que les modèles générés automatiquement leurs ont révélés en deuxième phase du questionnaire, une fois la première phase (modélisation manuelle) achevée. Ainsi, et pour limiter les biais liés à l'apprentissage (les sujets apprennent le traitement et tentent de le reproduire) et l'appréhension de l'évaluation (les sujets emploient des moyens détournés pour s'assurer que leurs réponses soient correctes), nous avons empêché que les

sujets puissent modifier leurs modèles une fois que le premier modèle généré automatiquement leur a été révélé. Les participants devaient ainsi accepter que l'accès à l'éditeur de modèle leur soit refusé une fois la seconde phase de l'étude entamée. Ils pouvaient toujours revenir aux questions de la première phase, mais leurs modèles étaient alors en lecture seule.

Concernant l'éditeur de modèles BPMN que nous avons intégré, nous avons conçu un tutoriel vidéo en français et en anglais qui introduit les sujets à son utilisation. De plus, nous y avons intégré des tests de validité syntaxiques de base. Parmi ces tests, nous nous sommes assurés que les événements de début et de fin étaient bien présents et que tous les chemins modélisés permettaient d'atteindre l'événement de fin du processus. Une fois un modèle soumis, nous avons développé les outils qui permettent d'extraire les activités faisant partie du modèle. Ces tâches, ainsi extraites, sont présentées aux sujets lors de la seconde phase du questionnaire.

Finalement, nous avons inclus un lien dans chaque page permettant aux participants de demander de l'aide. Les demandes s'effectuaient par courriel et l'information sur le participant ainsi que la page précise du questionnaire étaient automatiquement incluse dans le courriel. Les participants pouvaient également contacter l'évaluateur par téléphone.

7.2.3 Exécution de l'étude

L'expérimentation s'est exécutée selon le plan prévu et décrit dans la section 7.2.2.5. Nous n'avons noté aucune déviation par rapport à la procédure établie. Au total, 47 personnes ont manifesté leur intérêt pour participer à l'étude et ont reçu une invitation formelle par courriel avec leur code d'accès unique. De ce nombre, 36 personnes ont entamé le questionnaire, dont 21 l'ont complété intégralement. Aucune réponse partielle n'a été considérée dans cette étude. À deux reprises, nous avons reçu des demandes d'assistance de la part d'utilisateurs qui concernaient des demandes d'éclaircissement et le problème fut réglé dans l'heure suivante.

Aux fins de réplification de l'étude, nous estimons qu'il n'y a aucune disposition particu-

lière à prendre. En effet, étant donné que le questionnaire est autonome et ne nécessitait aucune intervention externe, il suffirait de mettre en ligne le questionnaire à l'identique. À ce titre, nous rendons disponibles le code source et tout le nécessaire pour répliquer l'étude.⁵ Pour comparaison, les données brutes de l'expérience, que nous avons rendues anonymes, sont également disponibles.

7.2.4 Analyse des résultats

Dans ce qui suit, nous présentons l'analyse descriptive des données ainsi que les différents tests statistiques que nous avons effectués pour évaluer les hypothèses formulées dans le paragraphe 7.2.2.2. Nous regroupons les résultats selon les questions de recherche et commencerons par les résultats de la validation des facteurs, suivis par la validation des activités générées. Finalement, nous présenterons les résultats relatifs à l'utilité perçue et à l'intention d'utilisation de l'approche.

Toutes les analyses et tests statistiques présentés dans cette sous-section ont été effectués en utilisant le logiciel SPSS avec une valeur $\alpha = 0.05$.

7.2.4.1 Facteurs de compensation

Dans le but de déceler l'utilisation des facteurs (hypothèse $H_{Facteur1}$), nous avons analysé manuellement les modèles produits par les répondants. Nous avons calculé la moyenne d'utilisation de chaque combinaison de facteur/valeur selon la variable décrite par l'équation 7.2 (p. 259). Nous présentons les résultats dans la figure 7.3. Selon ces résultats, nous sommes en mesure d'accepter notre hypothèse, sauf en ce qui concerne cinq de ces combinaisons :

- Le facteur de type de ressource, pour les ressources discrètes ;
- Le facteur de type de ressource, pour les ressources fluctuantes ;
- Le facteur de type de propriété, pour les propriétés semi-réversibles ;
- Le facteur de type de propriété, pour les propriétés secondaires non-réversibles ;

5. Disponible à l'adresse : <http://anis.boubaker.ca/phd/>.

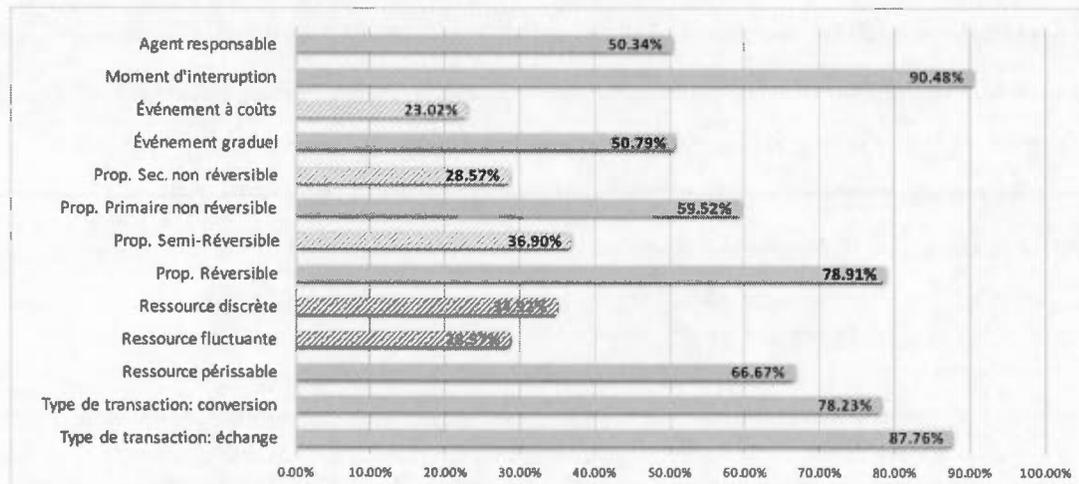


FIGURE 7.3 Pourcentage des participants pour lesquels un facteur a été détecté dans leurs processus manuel.

— Le facteur portant sur les coûts de l'événement.

Nous présentons également le résultat de notre évaluation de la pertinence des facteurs selon la seconde stratégie. Pour rappel, cette stratégie assigne un score à chaque facteur basé sur les scores assignés par les sujets à chaque activité du processus de compensation généré. Pour calculer le score d'un facteur, nous avons établi une association entre chaque facteur et les activités du processus généré qui le supportent. Nous présentons les statistiques descriptives des scores de chacun des facteurs, dans le tableau 7.3, et la répartition des valeurs par quartile dans la figure 7.4.

Nous souhaitons maintenant déterminer si nos résultats sont assez significatifs pour accepter l'hypothèse $H_{Facteur2}$. Pour ce faire, nous devons rejeter l'hypothèse nulle suivante :

$H_{Facteur2}^0$: Le score de pertinence moyen de chaque facteur doit être de 3 ou moins sur une échelle de *Likert* de 1 à 5.

Pour déterminer quels tests utiliser pour valider cette hypothèse, nous devons déterminer

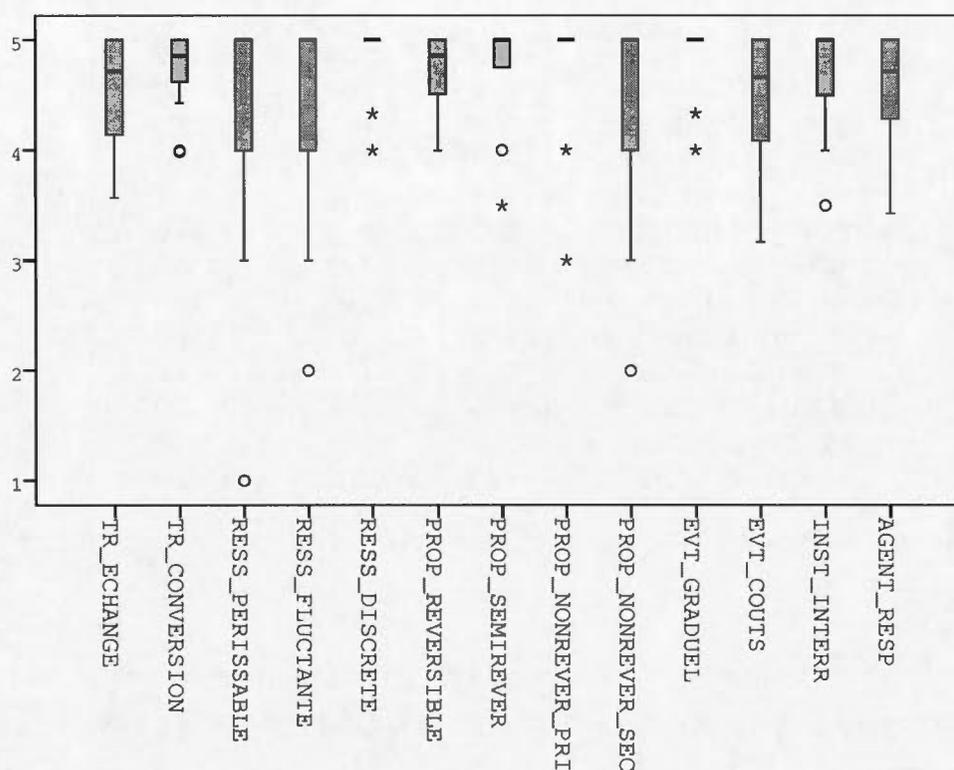


FIGURE 7.4 Moyenne des scores de pertinence de chaque facteur attribués par les sujets.

	Moy.	Err. Std	Médiane	Écart Type	Shapiro-Wilks	
					Stat.	p
TR_ECHANGE	4.5765	0.0992	4.7143	0.4545	.857	.006
TR_CONVERSION	4.7517	0.0666	4.8595	0.3051	.786	.000
RESS_PERISSABLE	4.3810	0.2715	5.0000	1.2440	.564	.000
RESS_FLUCTANTE	4.4286	0.1899	5.0000	0.8701	.702	.000
RESS_DISCRETE	4.8413	0.0750	5.0000	0.3435	.510	.000
PROP_REVERSIBLE	4.7336	0.0680	4.8571	0.3116	.816	.001
PROP_SEMIREVER	4.7262	0.1062	5.0000	0.4867	.605	.000
PROP_NONREVER_PRI	4.8095	0.1117	5.0000	0.5118	.434	.000
PROP_NONREVER_SEC	4.4286	0.1899	5.0000	0.8701	.702	.000
EVT_GRADUEL	4.8413	0.0750	5.0000	0.3435	.510	.000
EVT_COUTS	4.4563	0.1423	4.6667	0.6522	.802	.001
INST_INTERR	4.7381	0.0952	5.0000	0.4364	.664	.000
AGENT_RESP	4.5918	0.0998	4.7143	0.4574	.848	.004

TABLE 7.3 Moyenne des scores de pertinence de chaque facteur attribués par les sujets.

	Wilcoxon		Sign
	Z	<i>p</i> (1-tailed)	<i>p</i> (1-tailed)
3-TR_ECHANGE	-4.033	.000	.000
3-TR_CONVERSION	-4.026	.000	.000
3-RESS_PERISSABLE	-3.266	.001	.000
3-RESS_FLUCTANTE	-3.841	.000	.000
3-RESS_DISCRETE	-4.288	.000	.000
3-PROP_REVERSIBLE	-4.025	.000	.000
3-PROP_SEMIREVER	-4.199	.000	.000
3-PROP_NONREVER_PRI	-4.300	.000	.000
3-PROP_NONREVER_SEC	-3.841	.000	.000
3-EVT_GRADUEL	-4.288	.000	.000
3-EVT_COUTS	-4.066	.000	.000
3-INST_INTERR	-4.164	.000	.000
3-AGENT_RESP	-4.036	.000	.000

TABLE 7.4 Tests de Wilcoxon et de Signe sur la précision (par processus).

si nos données sont normalement distribuées. À ce titre, nous avons appliqué le test de Shapiro-Wilks qui est un test de normalité utilisé si le nombre de points de données est inférieur à 2000, ce qui est notre cas. L'hypothèse testée par ce test est que la distribution est normale. Donc, si le test est significatif ($p < 0.05$), nous devons rejeter l'hypothèse de normalité. Comme nous pouvons le voir dans le tableau 7.3, toutes nos variables ont une valeur $p < 0.05$. Par conséquent aucune de nos distributions n'est normale.

Ensuite, et afin d'établir que nos valeurs sont supérieures à 3 de façon significative, nous devons d'abord montrer qu'elles sont significativement différentes de 3. Si ce test est concluant, nous pouvons déduire que nos valeurs sont supérieures à 3 de façon significative si la médiane de nos valeurs se situe au-delà de cette limite.⁶

Compte tenu que les valeurs ne sont pas normalement distribuées, nous devons utiliser des tests non-paramétriques pour établir que chacune des variables est significativement différente de la variable constante de valeur 3. Nous utiliserons le test de rang signé de Wilcoxon ainsi que le test de Signe (? , p. 141-143). Nous présentons les résultats dans le

6. <http://www-01.ibm.com/support/docview.wss?uid=swg21478980>, dernier accès le 2016-01-02

	Moy.	Err. Std	Médiane	Écart Type	Shapiro-Wilks		Wilcoxon (vs 75%)		Sign (vs 75%)	
					Stat.	<i>p</i>	Z	<i>p</i>	Z	<i>p</i>
Précision	.8966	.0133	1.00	.1608	.701	0.00	-8.248	.000	-8.248	.000
Rappel	.8424	.0210	1.00	.2549	.664	0.00	-6.071	.000	-6.355	.000

TABLE 7.5 Statistiques descriptives : Précision et rappel pour toutes les observations.

tableau 7.4. Comme nous pouvons le constater, tous les tests sont significatifs avec une valeur $p < 0.05$. Étant donné que les moyennes des scores de tous les facteurs excèdent 3, nous acceptons notre hypothèse $H_{Facteur2}$.

Nous discuterons de la différence de résultats entre les deux stratégies dans la sous-section 7.2.5.

7.2.4.2 Activités de compensation et processus global

Nous considérons maintenant les résultats portant sur la pertinence des activités des processus générés et la pertinence du processus global. Nous souhaitons tester les hypothèses H_{Prec} , H_{Rec} et H_{Glob} .

Pour tester les deux premières hypothèses (rappel $> 75\%$ et précision $> 75\%$), nous avons compilé dans un premier temps les taux de *rappel* et de *précision* de toutes les observations (tous processus confondus, $n=147$). Rappelons que nous utilisons les formules 7.5 (p. 261) et 7.4 (p. 261) pour calculer la précision et le rappel, respectivement. Le graphique de la figure 7.5 illustre la distribution des observations sous forme d'un diagramme de quartiles (*box plot*). Nous présentons également, dans le tableau 7.5 les statistiques descriptives de ces résultats.

Pour tester la puissance statistique des données, nous avons effectué les tests de rang signé de Wilcoxon et le test de Signe avec une variable constante à 75%. Comme nous pouvons le constater dans le tableau 7.5, les deux tests sont significatifs avec une valeur $p < 0.05$. Étant donné que les médianes des variables *Précision* et *Rappel* excèdent 75%, nous acceptons nos hypothèses H_{Prec} et H_{Rec} .

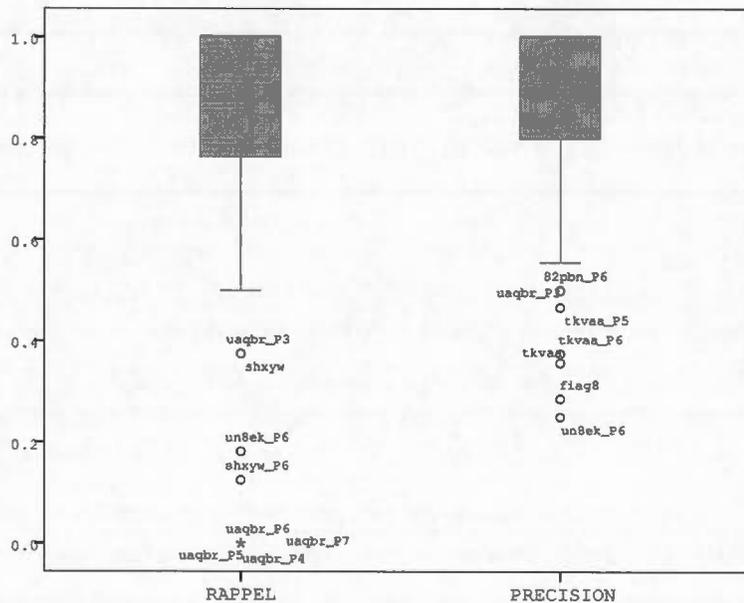


FIGURE 7.5 Taux de rappel et précision pour toutes les observations ($n=147$).

Nous avons également vérifié les mesures de rappel et de précision pour chacun des processus ayant été présentés aux sujets. En effet, si nous devions rejeter l'une des hypothèses pour un des processus, cela nous fournirait une indication intéressante sur les limites de notre approche pour certains processus.

Nous présentons, dans la figure 7.6, les diagrammes de quartiles de la variable *précision* pour chacun des processus et, dans le tableau 7.6, ses statistiques descriptives. À nouveau, les données ne sont pas normalement distribuées et nous effectuons le test de rang de Wilcoxon et le test de Signe avec la variable constante à 75% (cf. tableau 7.6). Les analyses montrent que les résultats sont significatifs dans les deux tests. En observant les valeurs moyennes de la précision pour chaque processus, nous en concluons que nous pouvons accepter l'hypothèse H_{Prec} pour tous les processus considérés individuellement.

Nous faisons le même exercice pour la variable du *rappel* et nous présentons les statistiques descriptives dans la figure 7.7 et le tableau 7.7. Nous présentons également, dans le même tableau, les résultats des tests de rang de Wilcoxon et le test de Signe. Selon ces

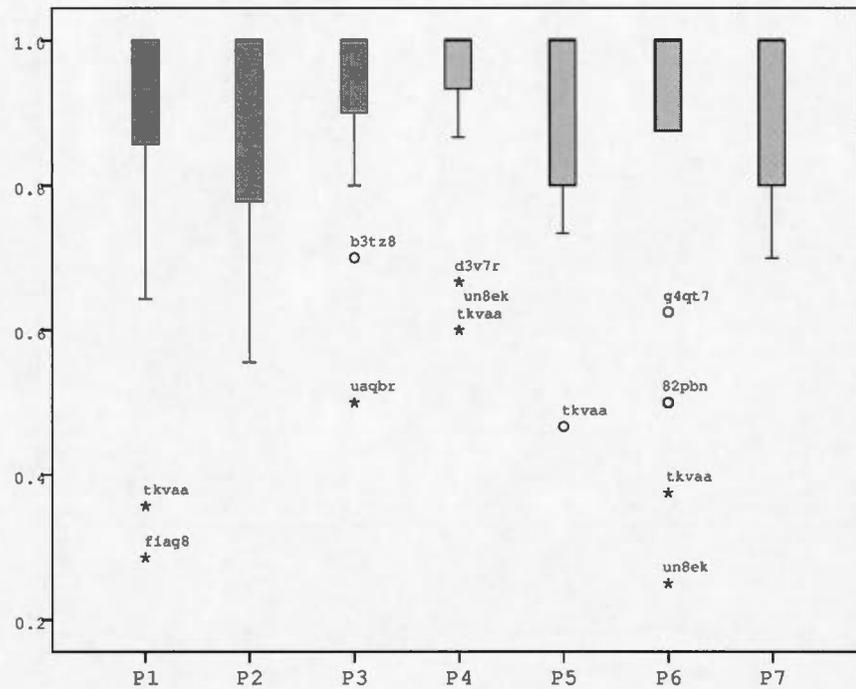


FIGURE 7.6 Taux de précision par processus.

	Moy.	Err. Std	Médiane	Écart Type	Shapiro-Wilks		Wilcoxon (vs 75%)		Sign (vs 75%)
					Stat.	p	Z	p (1-tailed)	p (1-tailed)
P1	.8469	.0447	0.9286	.2049	.747	0.00	-2.316	.021	.027
P2	.8889	.0334	1.0000	.1532	.718	0.00	-3.204	.001	.007
P3	.9286	.0277	1.0000	.1271	.631	0.00	-3.590	.000	.000
P4	.9270	.0276	1.0000	.1263	.638	0.00	-3.845	.000	.001
P5	.9111	.0306	1.0000	.1404	.693	0.00	-3.254	.001	.001
P6	.8690	.0499	1.0000	.2287	.641	0.00	-2.128	.033	.007
P7	.9048	.0253	1.0000	.1161	.717	0.00	-3.785	.000	.000

TABLE 7.6 Statistiques descriptives : Précision par processus.

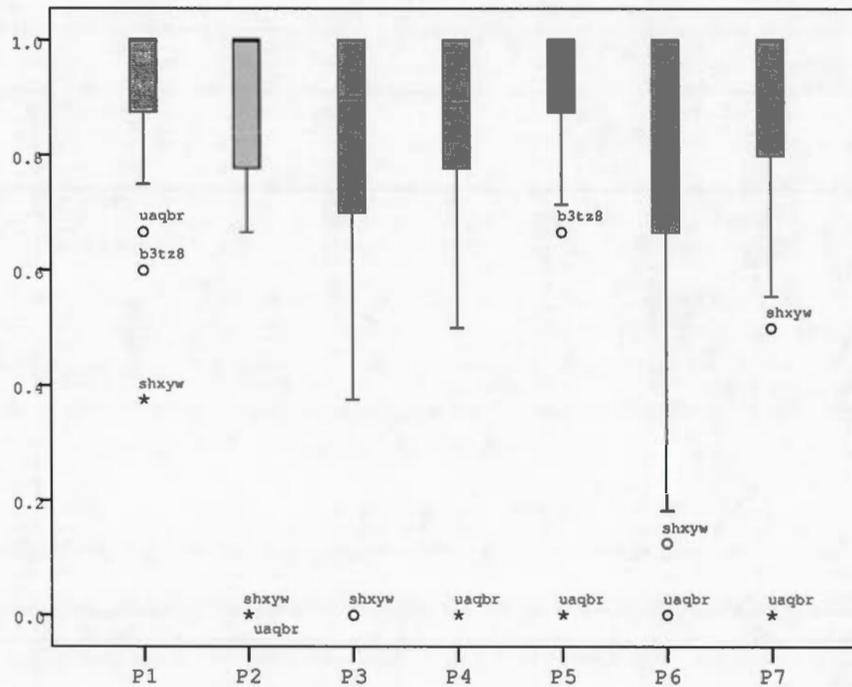


FIGURE 7.7 Taux de rappel par processus.

résultats, nous remarquons que nous devons rejeter l'hypothèse H_{Rec} pour le processus P6. De plus, le test de Signe échoue pour le processus P3 ($p=.115$). Nous analyserons cette situation lorsque nous discuterons de les résultats dans la sous-section 7.2.5. Pour tous les autres processus, nous sommes en mesure d'accepter l'hypothèse H_{Rec} .

Finalement, nous présentons, dans le tableau 7.8, les résultats relatifs à la validité globale des processus de compensation construits automatiquement par notre approche. Tel

	Moy.	Err. Std	Médiane	Écart Type	Shapiro-Wilks		Wilcoxon (vs 75%)		Sign (vs 75%)
					Stat.	p	Z	p (1-tailed)	p (1-tailed)
P1	.8921	.036354	1.00	.1666	.709	0.00	-2.951	.003	.003
P2	.8199	.064449	1.00	.2953	.637	0.00	-2.227	.026	.012
P3	.8223	.056235	0.90	.2577	.734	0.00	-2.008	.045	.115
P4	.8294	.054510	0.89	.2498	.724	0.00	-2.079	.038	.027
P5	.8927	.050451	1.00	.2312	.532	0.00	-3.188	.001	.007
P6	.7884	.069972	1.00	.3207	.708	0.00	-1.398	.162	.115
P7	.8517	.055549	1.00	.2546	.661	0.00	-2.485	.013	.027

TABLE 7.7 Statistiques descriptives : Taux de rappel par processus.

	Moy.	Err. Std	Médiane	Écart Type	Shapiro-Wilks		Wilcoxon (vs 3)	
					Stat.	<i>p</i>	Z	<i>p</i> (1-tailed)
P1	4.8095	.08781	5.0000	.40237	.484	.000	-4.291	.000
P2	4.6667	.12599	5.0000	.57735	.618	.000	-4.134	.000
P3	4.7619	.11761	5.0000	.53896	.508	.000	-4.234	.000
P4	4.5238	.17754	5.0000	.81358	.646	.000	-3.962	.000
P5	4.7143	.12234	5.0000	.56061	.569	.000	-4.179	.000
P6	4.6190	.21243	5.0000	.97346	.466	.000	-3.829	.000
P7	4.8095	.08781	5.0000	.40237	.484	.000	-4.291	.000

TABLE 7.8 Statistiques descriptives : validité globale perçue des processus de compensation générés.

que le montre le tableau, nous obtenons une moyenne de validité perçue du processus supérieure à 4,5/5 pour chacun des processus. Pour valider l'hypothèse H_{Glob} , nous avons exécuté le test de Wilcoxon. Ce dernier montre que notre approche permet de produire des processus de compensation qui obtiennent une note de plus que 3, sur une échelle de 1 à 5, relativement à la validité perçue sur le processus global. Nous acceptons donc l'hypothèse H_{Glob} .

7.2.4.3 Utilité perçue et intention d'utilisation de l'approche

Pour tester les hypothèses portant sur l'utilité perçue (H_{Util}) et l'intention d'utilisation (H_{IUtil}) de notre approche, nous avons calculé les deux variables $Util$ et $IUtil$ à partir des scores attribués à chacun de leurs énoncés respectifs (cf. paragraphe 7.2.2.3.c). Nous présentons les résultats descriptifs dans le tableau 7.9 et la figure 7.8. Le tableau 7.9 montre également le résultat du test de rang de Wilcoxon que nous avons effectué avec une distribution constante de valeur 3. Selon les valeurs p résultantes du test, nous concluons que les résultats sur l'utilité perçue et l'intention d'utilisation sont supérieurs à 3, de façon statistiquement significative.

Cependant, avant d'accepter nos hypothèses, nous devons aussi nous assurer de la fiabilité des variables. En effet, nous devons vérifier que chacune des variables $Util$ et $IUtil$ est représentative des énoncés dont elles proviennent (*cohérence interne*). Pour ce faire, nous avons effectué un test de corrélation en calculant le α de Cronbach (cf. tableau 276).

	Moy.	Err. Std	Médiane	Écart Type	Shapiro-Wilks		Wilcoxon		Cronbach
					Stat.	p	Z	p (1-tailed)	α
U _{Util}	4.5625	.10399	4.6250	.46506	.823	.002	-3.966	.000	.791
I _{Util}	4.3500	.15574	4.5000	.69648	.843	.004	-3.767	.000	.807

TABLE 7.9 Statistiques descriptives : Utilité et Intention d'utilisation.

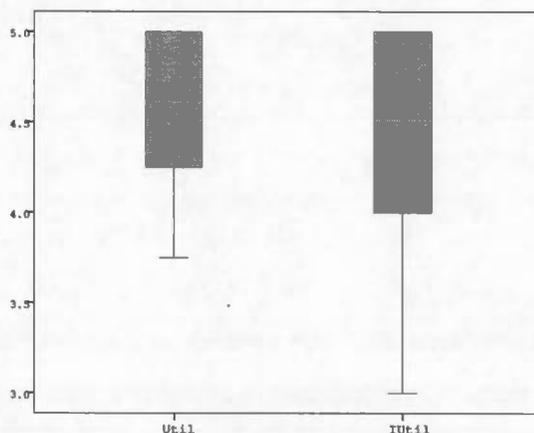


FIGURE 7.8 Répartition par quartiles des résultats sur l'utilité perçue et l'intention d'utilisation.

Dans ce test, une valeur α de plus de 0.7 indique une cohérence interne acceptable de la mesure. Les valeurs que nous obtenons pour les variables sur l'utilité perçue ($\alpha = .791$) et sur l'intention d'utilisation ($\alpha = .807$) montrent un haut niveau de cohérence interne. Par conséquent, nous acceptons les hypothèses H_{Uutil} et H_{IUtil} .

7.2.5 Interprétation

7.2.5.1 Évaluation des résultats et implications

Les résultats que nous avons décrits dans la sous-section précédente nous permettent de tirer plusieurs conclusions relativement aux questions de recherche que nous nous sommes posées et qui ont fait l'objet de cette étude. La première question (**QR1**) s'est décomposée en trois sous-questions que nous avons évaluées indépendamment (**QR1a**, **QR1b** et **QR1c**). Nous évaluons nos résultats pour chacune de ces sous-questions tour

à tour avant de conclure.

QR1a : Est-ce que chacun des facteurs de compensation entrant dans la modélisation des processus de compensation constitue un critère de décision jugé valide et pertinent ?

Pour répondre à la première sous-question, nous avons expliqué, au paragraphe 7.2.2.2, les difficultés auxquelles nous faisons face pour évaluer la validité des facteurs de compensation que nous proposons. En effet, rappelons le grand nombre de combinaisons de facteurs et le nombre limité de sujets dont nous disposons. Nous avons donc choisi de vérifier *indirectement* la validité des facteurs (1) en analysant manuellement les modèles produits par les sujets dans le but d'identifier l'utilisation des facteurs et (2) en calculant un score de pertinence des facteurs basé sur le score de pertinence accordé par les participants aux différentes activités du processus.

Le première approche nous a permis d'observer des résultats globalement modérés tel que l'illustre la figure 7.3. En effet, nous n'avons pas été en mesure d'accepter notre hypothèse pour cinq des combinaisons facteurs/valeurs. Ceci signifie que, pour ces cinq facteurs, nous n'avons pas été en mesure d'affirmer qu'ils ont été utilisés, en moyenne, par 50% de nos sujets dans leurs modèles. Cependant, nous estimons devoir mitiger ce résultat négatif car nous identifions deux explications possibles.

La première explication, liée à la nature des patrons, tient au fait que la fréquence des patrons dans les processus d'affaires est naturellement inégale. En effet, dans tout processus d'affaires, il existe au moins une transaction, souvent plus. Ainsi, nous retrouvons fréquemment des échanges et des conversions dans tous les processus que nous serions amenés à analyser. Cependant, pour une compagnie qui ne manipule aucune ressource économique périssable, ce facteur risque de ne jamais être utilisé dans ses processus. En calculant la moyenne, les patrons moins fréquents se trouvent désavantagés. Dans le but d'éviter ce problème, nous aurions pu envisager de ne considérer chaque facteur qu'une seule fois dans nos mesures en choisissant, pour chaque facteur, l'occurrence à considérer. Cependant, ceci aurait impliqué un biais méthodologique car nous aurions pu considérer, involontairement, l'occurrence du facteur qui favorise des résultats positifs

(ou inversement).

La seconde explication que nous considérons est liée à la difficulté apparente qu'ont eu nos sujets à s'abstraire des politiques d'affaires. En effet, bien que dans nos instructions nous ayons clairement demandé (avec exemple à l'appui) à ce qu'ils ne considèrent pas les politiques d'affaires ou de domaines généralement observées, leurs réponses laissent supposer qu'ils l'ont fait à plusieurs occasions. Par exemple, les répondants n'ont parfois pas jugé pertinent de tenir le client responsable pour certaines pertes engagées. C'est le cas, notamment, des coûts de transport que peu de nos répondants ont considérés imputables au client (certains les ont considérés comme des « pertes comptables »).

Cependant, nous estimons que ces résultats partiellement négatifs sont largement mitigés par les résultats de la seconde approche que nous avons employée pour estimer la validité de nos facteurs. En effet, dans une large proportion, nos sujets ont estimé que les activités, que nous avons regroupées relativement aux facteurs, sont pertinentes bien qu'ils ne les aient pas considérées eux-mêmes dans leurs modèles. Ceci nous amène au phénomène de découverte d'activités de compensation que nous avons observé dans nos données et dont nous discuterons lorsque nous aborderons la prochaine sous-question.

Par conséquent, en considérant les deux stratégies employées, nous estimons pouvoir formuler un résultat global de cette partie de l'étude ainsi : *Nous avons pu observer que la plupart de nos facteurs sont utilisés par des analystes d'affaires pour modéliser les processus de compensation, tandis qu'ils jugent que tous nos facteurs, en incluant ceux qu'ils ont ignorés, sont pertinents.* Ceci nous permet de répondre favorablement à notre première sous-question de recherche, tout en mitigeant cette affirmation du fait que nous n'avons pas pu mesurer *directement* la pertinence des facteurs.

QR1b : *Est-ce que les activités de compensation identifiées par notre approche sont des activités jugées valides et nécessaires par un analyste d'affaires pour compenser le processus d'affaires fourni en entrée ?*

Pour répondre à cette question, nous avons mesuré deux aspects : (1) nous avons de-

mandé à nos participants de juger de la pertinence des activités du processus ayant été produites par notre approche (précision) et (2) nous leur avons demandé d'identifier celles qu'ils ont eux-mêmes considérées dans leur solution (rappel). Pour éviter des réponses subjectives et émotives, nous avons mesuré ces aspects dans le cadre d'un exercice de mise en correspondance des activités de leurs processus d'affaires et de celles du processus généré automatiquement (cf. formules 7.5 et 7.4, p. 261).

Nous avons d'abord mesuré le rappel et la précision en considérant toutes les activités, tous processus confondus. Les résultats obtenus nous ont permis d'accepter notre hypothèse voulant qu'au moins 75% des activités produites sont jugées pertinentes. De plus, nous sommes en mesure de retrouver plus de 75% des activités de compensation auxquelles nos sujets ont pensé lors de la modélisation manuelle de leurs solutions. Cependant, nous avons tenté de mettre à l'épreuve ce résultat positif, tout d'abord, en tentant d'expliquer pourquoi certains processus affichent plusieurs observations aberrantes (*outliers*), puis en analysant chaque processus de façon indépendante.

Comme nous pouvons le noter sur la figure 7.5, 7 observations sur 147 sont aberrantes dans le cas de la précision et 8 sur 147 le sont pour le taux de rappel. Cependant, nous remarquons qu'en grande partie, ces données concernent le processus P6.⁷ Ce dernier porte sur un processus de vente et distribution d'une pizzeria. Il correspond à la variation du processus original de boutique de vélos (P1) en remplaçant la ressource économique *Vélo* par *Pizza*. Pour tenter d'expliquer ce phénomène, nous avons analysé les commentaires des répondants en question, que nous avons regroupés dans le tableau 7.10. Le commentaire #3 nous montre que le sujet n'a pas totalement compris le processus de compensation proposé. En effet, à aucun moment le processus n'émet une demande de remboursement au client. Le premier commentaire (#1), quant à lui, mentionne clairement les politiques d'affaires, voulant que dans pareil cas une autre pizza soit faite et expédiée. Or, nos instructions demandaient clairement de ne pas considérer les

7. Dans la figure 7.5, une donnée aberrante intitulée *82pbn_P6* (par exemple) correspond au taux de rappel/précision calculé pour le processus P6 à partir des réponses du répondant ayant l'identifiant *82pbn*.

#1	La politique pourrait aussi décider de refaire la pizza plutôt que de la rembourser.
#2	Pourquoi effectuer une transaction bancaire quand ceci est potentiellement un crédit interne à la pizzeria pour accommoder rapidement le client ? Aucun bénéfice à effectuer à nouveau la transaction.
#3	On ne peut pas demander au client de rembourser la livraison car il n'a pas reçu la pizza.
#4	The automatic compensation made actions that should not be done, like the reverse bank actions.

TABLE 7.10 Commentaires des répondants relativement au processus P6.

politiques d'affaires. Ce que révèle également ce commentaire est que le sujet a raisonné en termes de rétablissement du processus en corrigeant l'erreur, plutôt qu'en termes de compensation. En effet, compenser le processus ne concerne que l'annulation de ce qui a été effectué avant l'avortement, sans considérer la façon de le corriger.⁸ Les deux commentaires restants (#2 et #4) font état de ce même problème. En effet, selon eux, il est inutile de rembourser le client car nous allons lui renvoyer une pizza ultérieurement. Or, lorsqu'on compense, nous ne nous préoccupons pas de ce qui se produira plus tard.

Ensuite, nous avons analysé le rappel et la précision de chacun des processus de façon indépendante. Ceci nous a révélé une information intéressante en ce qui concerne la mesure du taux de rappel. En effet, bien que la valeur moyenne du taux de rappel de tous les processus soit au-delà de 75%, nos résultats n'ont pas pu démontrer une puissance statistique suffisante en ce qui concerne les processus P3 et P6. Dans le premier cas, le test de Signe a échoué tandis que, dans le second cas, les deux tests ont échoué. En analysant les données du processus P6, nous nous sommes rendus compte que plusieurs participants modélisaient, dans leur processus de compensation manuel, des tâches qui concernent la production et la livraison d'une seconde pizza qui sera, cette fois, envoyée à la bonne adresse. Ceci soulève donc le même problème que celui mentionné ci-dessus, car il semble que les sujets aient considéré des actions correctrices du processus plutôt

8. Nous rappelons au lecteur que nous ne validons pas, dans cette étude, le calcul du point de retour que nous avons présenté au chapitre 6.

que de se concentrer uniquement sur les activités de compensation. Nous avons également analysé les modèles proposés par les sujets pour la compensation du processus P3. Ce processus concerne un rappel de produit effectué par la boutique de vélos pour raison de sécurité (pièce défectueuse). Selon leurs modèles, nous avons réalisé, à nouveau, que les sujets tentaient de rétablir le processus en corrigeant l'erreur plutôt que de compenser (notamment, remplacer la pièce défectueuse puis ré-expédier le vélo). Ces actions correctives ne faisant pas partie du processus de compensation proposé et ceci a eu un impact sur notre taux de rappel. Nous formulons trois hypothèses pour expliquer ce phénomène :

1. Les analystes de notre échantillon ont souvent eu de la difficulté à distinguer entre compensation et correction d'erreurs du processus. Ceci renforcerait donc la motivation de notre approche qui vise à fournir de l'assistance pour modéliser les processus de compensation ;
2. Nous n'avons pas suffisamment orienté les participants pour la modélisation, et ce malgré toutes les précautions prises (explications, tests, exemples, textes en surbrillance, etc.) ;
3. En pratique, les politiques d'affaires interviennent directement dans la modélisation de sorte qu'il ne soit possible de distinguer un comportement qui relève d'une politique d'affaires, d'un comportement basé purement une logique purement métier. Cette hypothèse rejoint la première, mais suggère que le phénomène soit généralisé et non seulement relié à notre échantillon.

Finalement, nous relevons un phénomène intéressant que nous avons identifié lors de l'analyse de nos données. En effet, nous avons remarqué une contradiction entre (1) notre mesure de l'utilisation de nos facteurs dans les modèles des participants et (2) celle de la pertinence perçue de nos facteurs, mesurée en analysant comment nos sujets ont jugé les activités associées aux facteurs. En analysant ce phénomène, nous avons remarqué que notre approche permettait non seulement de rappeler plus de 75% des activités attendues par nos sujets, mais également de leur faire découvrir des activités de compensation pertinentes auxquelles ils n'avaient pas pensé. Pour mesurer ce phénomène,

	Moy.	Err. Std	Médiane	Écart Type
P1	.30612	.056014	.28571	.256689
P2	.33333	.071517	.33333	.327731
P3	.26667	.066309	.20000	.303864
P4	.39683	.060767	.33333	.278469
P5	.38730	.059204	.33333	.271309
P6	.41667	.070781	.37500	.324358
P7	.36190	.057103	.30000	.261680
Tous	.30612	.056014	.28571	.256689

TABLE 7.11 Taux de découverte calculé par processus et globalement.

nous avons calculé une autre variable que nous avons appelé *taux de découverte* (cf. formule 7.6). Pour le calculer, nous additionnons le nombre d'activités du modèle automatique qui n'ont pas trouvé de correspondance avec les activités du processus manuel que le participant juge soit désirables (AM_P^{NFail}), soit nécessaires (AM_P^{Fail}).⁹ Nous divisons, ensuite, ce résultat par le nombre total d'activités proposées par le modèle généré automatiquement :

$$\text{tauxDécouverte}_P = \frac{AM_P^{NFail} + AM_P^{Fail}}{AM_P^{Strong} + AM_P^{NI} + AM_P^{NFail} + AM_P^{Fail}} \quad (7.6)$$

Le tableau 7.11 affiche les statistiques descriptives de cette variable. Nous avons calculé le taux de découverte pour tous les processus confondus et obtenons un taux de découverte moyen de 30.6%. Nous avons également calculé ce taux de découverte pour chacun des processus et nous obtenons des taux situés entre 26.7% et 41.7%. En analysant les différents processus, nous n'avons rien pu conclure relativement à la différence du taux de découverte par processus. Cependant, nous avons étudié la différence entre les occupations de nos participants. Ainsi, nous avons subdivisé nos sujets en deux groupes : les *étudiants* et les *professionnels*. Nous avons ensuite effectué le calcul que nous montrons dans le tableau 7.12 et que nous illustrons dans la figure 7.9.

9. Les variables AM_P^{Strong} , AM_P^{NI} , AM_P^{NFail} et AM_P^{Fail} ont été définies au paragraphe 7.2.2.3, p.

	Étudiants				Professionnels			
	Moy.	Err. Std	Médiane	Écart Type	Moy.	Err. Std	Médiane	Écart Type
P1	.45714	.150848	.28571	.337306	.25893	.054506	.21429	.218023
P2	.40000	.177778	.33333	.397523	.31250	.078711	.22222	.314842
P3	.34000	.188680	.20000	.421900	.24375	.067681	.20000	.270724
P4	.42667	.177138	.46667	.396092	.38750	.061830	.33333	.247319
P5	.45333	.092856	.40000	.207632	.36667	.072776	.33333	.291103
P6	.45000	.196055	.50000	.438392	.40625	.074390	.37500	.297560
P7	.36000	.128841	.30000	.288097	.36250	.065749	.35000	.262996
Tous	.45714	.150848	.28571	.337306	.25893	.054506	.21429	.218023

TABLE 7.12 Taux de découverte par processus et par catégorie de participant.

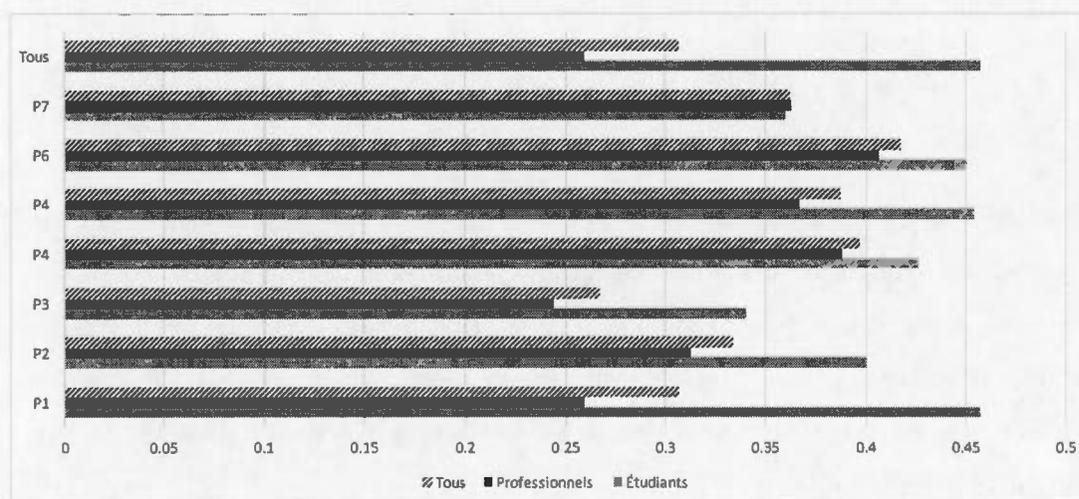


FIGURE 7.9 Taux de découverte par processus et par catégorie de participant.

Comme nous pouvons le constater en analysant ces résultats, nous avons une indication de différence non-négligeable entre le taux de découverte chez les étudiants et celui chez les professionnels. En effet, le taux de découverte est nettement supérieur chez les étudiants que chez les professionnels, et ce pour tous les processus sauf P7. De plus, lorsque nous considérons toutes les activités, tous processus confondus, le taux de découverte chez les étudiants s'établit à 45.7% tandis qu'il est de 25.9% chez les professionnels. Ce résultat, bien qu'attendu, révèle un aspect intéressant quant aux avantages de notre approche en termes de temps et d'efforts pouvant être économisés par des analystes d'affaire juniors. Compte tenu du nombre restreint de participants dans chacune des catégories, il ne nous a pas été possible d'en déduire une différence statistiquement significative. Il serait donc intéressant d'étudier cet aspect dans une étude future.

En résumé, notre approche a permis d'atteindre un niveau de précision et de rappel de plus de 75%. De plus, de forts signes laissent supposer que nous sommes en mesure d'aider davantage l'analyste en découvrant des activités qu'il n'aurait pas considéré autrement (en supposant les mêmes conditions). Nous répondons donc à notre sous-question de recherche *QR1b* par l'affirmative.

QR1c : Est-ce que le processus d'affaires produit est jugé globalement valide par un d'analystes d'affaires ?

La dernière sous-question à laquelle nous cherchons à répondre concerne la validité perçue du processus. Comme l'ont démontré nos résultats, nous avons été en mesure d'accepter l'hypothèse H_{Glob} . Ainsi, un analyste d'affaires jugerait la validité globale des processus produits par notre approche positivement en leur attribuant un score supérieur à 3 sur une échelle de 1 à 5. Ceci nous permet de répondre à la sous-question *QR1c* par l'affirmative.

Ayant répondu favorablement à chacune des sous-questions, nous sommes en mesure de répondre affirmativement à notre première question de recherche (*QR1*) voulant que notre approche permette de produire des processus d'affaires qu'un analyste d'affaires

juge valides. Nous répondons à présent à la prochaine question de recherche, à savoir :

QR2 : Au vu des résultats fournis par notre approche, est-ce que celle-ci est perçue comme utile par un analyste d'affaires ?

Pour répondre à cette question, nous avons estimé, auprès de nos sujets, l'utilité perçue ainsi que l'intention d'utilisation de notre approche pour modéliser des processus de compensation. Pour ce faire, nous avons utilisé un modèle reconnu proposé par Davis (1989). Nos résultats confirment que nos sujets ont perçu notre approche positivement en accordant un score moyen supérieur à 4 sur une échelle de 1 à 5, dans les deux dimensions. Bien que ceci nous permet de répondre favorablement à la question de recherche, ce résultat devrait être mitigé. En effet, les chiffres que nous obtenons nous permettent uniquement d'affirmer que nos sujets perçoivent les *produits* de notre approche (les modèles générés) comme utiles, et non qu'ils perçoivent utile l'approche en soi. Effectivement, les participants n'ont pas calculé par eux-même le processus de compensation à travers un outil en saisissant les différents paramètres nécessaires pour parvenir à obtenir le résultat escompté. En faisant abstraction de ces aspects, nous comprenons qu'un analyste puisse juger favorablement une approche qui lui produit un processus de compensation « sur simple pression d'un bouton » (une illusion qu'aurait pu leur procurer notre questionnaire). Cependant, l'étape de configuration, où l'utilisateur doit classer chaque événement, ressource économique et propriété, est une étape importante et, dans le l'état actuel, une limite à l'utilisabilité de notre approche (cf. 4.5.4). Ceci aurait donc pu peser dans la balance de leur jugement.

7.2.5.2 Limites de l'étude

Lors de la conception de cette étude, nous avons identifié certaines limites à la validité des conclusions que nous pourrions obtenir (voir section 7.2.2.6). Ces limites ont nécessité différents compromis et des choix de conception de l'étude présentés dans les sections antérieures. Dans ce qui suit, nous expliquons nos choix et les actions que nous avons entreprises pour mitiger d'autres risques à la validité de nos résultats. Comme le

suggère Wohlin (2012), nous adopterons la classification ainsi que la terminologie liées aux risques à la validité (*threats to validity*) de Cook et Cambell (1979). Nous commencerons par discuter les limites à la validité statistique de nos conclusions. Ensuite nous nous pencherons sur les limites à la validité interne qui s'intéressent au lien de causalité entre le traitement et le résultat dans une expérience. Finalement, nous discuterons des limites de validité externe (généralisabilité des résultats au-delà du contexte de l'étude).

Au niveau de la validité statistique, en faisant le choix de mener cette expérience par Internet, ceci nous a empêché de contrôler totalement l'environnement (au-delà de ce qui se passe à l'écran) et a introduit le risque d'aberrances aléatoires du milieu expérimental (bruits ou autres événements externes ayant un impact sur la concentration des sujets).

Du point de vue de la validité interne, l'effet de la *maturation* est certainement un des plus importants. En effet, nous avons observé que la durée moyenne de réponse était de l'ordre de quatre heures. Ceci aurait pu impliquer un effet de fatigue des participants ayant un impact sur la fiabilité de nos mesures. Pour mitiger ce risque, nous avons permis à nos sujets d'interrompre l'expérience et de la reprendre ultérieurement. Bien conscients que ceci peut aussi avoir un effet négatif sur les mesures et la validité statistique, nous avons décidé que le risque d'obtenir des données erronées liées à la fatigue des sujets était plus élevé.

Un autre biais, à nouveau lié à la taille du questionnaire, concerne l'effet de *mortalité* (personnes qui décident d'interrompre l'étude). Cet effet peut affecter la qualité des résultats si nous pouvons identifier des caractéristiques communes spécifiques qui relient les différentes personnes qui abandonnent. Bien que nous estimons que cet effet doit être mitigé lorsque nous menons une expérience par Internet (l'absence de contact direct avec l'expérimentateur rend la décision d'abandonner plus facile à prendre), nous avons tout de même analysé les personnes ayant abandonné.¹⁰ Cette analyse ne nous a révélé aucun point commun entre ces personnes.

10. Ceci a été facilité par le fait que nous demandons les données socio-démographique au début du questionnaire.

Nous tenons compte, également, de l'effet de la *rivalité compensatoire* (*compensatory rivalry*) qui veut qu'un sujet soit tenté, consciemment ou autrement, d'inverser ou de réduire l'effet attendu si la solution lui étant proposée est meilleure que sa solution connue. En effet, étant donné que nous avons demandé à nos sujets de modéliser des processus de compensation, puis nous leur avons demandé de comparer leurs solutions à celle produite par notre approche, l'effet de rivalité prétend que les sujets peuvent vouloir favoriser leur propre solution sans raison objective. Pour mitiger ce risque, nous avons tenté d'implémenter, dans notre questionnaire, une interface qui imite un outil de calcul¹¹ donnant ainsi l'impression aux participants qu'ils utilisaient un outil et initiaient eux-mêmes l'action du calcul.

Sur les plan des risques à la validité conceptuelle, le risque principal que nous souhaitons soulever concerne le fait que nos expériences ont été menées sur des modèles BPMN. En effet, la théorie que nous proposons dans notre approche se base sur le cadre REA : nous produisons une chaîne de valeurs REA du processus de compensation à partir de la chaîne de valeurs REA du flux normal du processus. De ce fait, trois options s'offraient à nous pour mener cette étude : (1) recruter des sujets qui connaissent déjà le cadre REA et la modélisation de la chaîne de valeurs, (2) former des sujets à la modélisation REA et (3) s'abstraire totalement de REA, tel que nous l'avons fait. Nous avons choisi la dernière option car la première réduit considérablement notre bassin de recrutement et la seconde nous impose des contraintes logistiques en plus d'avoir un impact sur la qualité des résultats (ils ne seront pas des « experts ») et sur le bassin de recrutement (population locale). S'abstraire du cadre REA implique que nous nous sommes chargés de produire nous-mêmes la chaîne de valeurs de nos processus d'affaires utilisés dans l'étude. De plus, nous avons traduit en modèle BPMN les processus de compensation issus des chaînes de valeurs de compensation en REA. En plus d'introduire le biais lié à l'expérimentateur (qui peut vouloir favoriser un résultat positif), ceci allonge la chaîne

11. Les participants devaient presser sur un bouton pour demander le calcul de la compensation, suite à quoi ils obtenaient un sablier leur demandant de patienter (en affichant différents paramètres de calcul aléatoires). Au bout d'un temps d'attente aléatoire (<30sec) ils obtenaient le résultat à l'écran.

d'inférence dans la recherche de relations de cause à effet à travers les traitements et les résultats qu'on obtient.

En ce qui concerne les risques à la validité externe de notre étude, nous cherchons à identifier les risques pouvant affecter la généralisation de nos conclusions. Le premier aspect que nous notons est lié à la faible taille et l'hétérogénéité de notre groupe de sujets, ou en d'autres termes la sous-représentation des différents domaines d'affaires et niveaux d'expertises. Ceci introduit certaines limites à généraliser nos résultats à toute la population d'analystes d'affaires. La sélection aléatoire des sujets que nous avons menée est toutefois un facteur mitigeant.

Finalement, nous considérons également les limites liées aux objets utilisés durant l'étude. En effet, tous les processus utilisés dans l'expérience sont (1) des exemple fictifs et (2) proviennent d'un nombre restreint de domaines d'affaires. Pour améliorer la généralisation de nos résultats, nous devrions donc considérer une panoplie plus large de processus d'affaires.

7.2.6 Récapitulatif

Dans cette section, nous avons donné un compte-rendu d'une étude que nous avons menée dans le but de valider notre approche d'identification et de construction de processus de compensation présentée au chapitre 4. Nous avons mené cette étude sous la forme d'une expérience semi-contrôlée par Internet auprès de 21 sujets répartis dans cinq pays.

Dans la limite des risques à la validité de nos résultats, que nous avons exposés dans le paragraphe 7.2.5.2, notre étude a montré que :

- (1) Notre approche permet de créer des activités de compensation ainsi que des processus de compensation jugés valides par des analystes d'affaires ; et
- (2) Qu'elle est perçue comme étant une approche utile pouvant les aider dans leur tâches de modélisation de processus d'affaires.

Nous avons également mené une autre étude empirique, de moindre envergure, dans le but de valider notre travail sur la construction des chaînes de valeurs de processus d'affaires. Nous présentons cette étude dans la prochaine section.

7.3 Étude B : Extraction de la chaîne de valeurs

La seconde étude que nous avons menée a porté sur notre approche de construction de chaîne de valeurs REA à partir d'un modèle de processus d'affaires, telle que présentée dans le chapitre 5. L'objectif de l'étude consiste à valider la pertinence et la cohérence perçues des chaînes de valeurs produites. L'étude a impliqué huit étudiants gradués effectuant des travaux de recherches dans des thématiques liées au commerce électronique.

Cette étude nous a permis de constater que notre approche permet la production de chaînes de valeurs jugées valides par les sujets interrogés avec des taux de précision et de rappel moyens supérieurs à 90%. Notons toutefois que cette étude est de bien moindre envergure que l'étude présentée précédemment et ne prétend pas avoir la même valeur statistique. En effet, ces résultats doivent être mitigés de par la taille réduite de l'échantillon ainsi que l'expertise limitée des sujets en REA. Cependant, nous estimons qu'ils fournissent tout de même des arguments en faveur de notre approche et méritent d'être présentés.

Dans la suite de cette section, nous commencerons par décrire la conception de l'étude (7.3.1). Ensuite, nous décrirons nos résultats (7.3.2). Nous terminerons par une discussion sur l'interprétation de ces résultats (7.3.3).

7.3.1 Conception de l'étude

Nous avons mené notre étude sur une population de huit étudiants gradués provenant de notre laboratoire de recherche. Au moment de l'étude, ces étudiants menaient des travaux de recherches dans des thématiques reliées au commerce électronique. Bien que tous les sujets de l'étude étaient en mesure d'interpréter un modèle BPMN ou un diagramme d'activité UML, aucun des participants ne connaissait l'ontologie REA ni la modélisation

métier.

Nous avons conçu l'expérience en deux phases avec une semaine d'intervalle entre chacune des phases. La première avait pour but de former les sujets à l'ontologie REA. Elle s'est produite lors d'une séance de trois heures en salle de cours où nous avons présenté le cadre REA, ses objectifs et la syntaxe de modélisation en utilisant la notation que nous avons proposée dans la section 4.1.4. À la fin de la formation, les participants devaient réaliser un exercice en séance plénière qui consistait à modéliser la chaîne de valeurs d'un processus d'affaires qui leur avait été fourni. L'expérimentateur intervenait uniquement comme facilitateur ou pour préciser des concepts relatifs à l'ontologie REA. Aucune indication relative à notre approche ne fut donnée aux participants.

La session s'est conclue par la présentation aux participants de trois processus d'affaires modélisés en BPMN et sur lesquels portera l'expérience : un processus d'ingénierie logicielle (P1), un processus de réservation de voyages (P2) et un processus manufacturier (P3). Les modèles de processus ainsi que la documentation associée (description textuelle) leur furent remis sous forme de dossier papier que nous présentons à l'annexe 5. Comme dernière tâche de cette session, nous avons demandé aux participants d'annoter les trois processus d'affaires en identifiant les ressources économiques parmi les objets de données des trois modèles qui leurs ont été remis en se basant sur leur intuition et leur compréhension de chacun des processus. Pour ce faire, ils devaient entourer les objets de données du processus qu'ils considéraient comme des ressources économiques ou ajouter de nouvelles ressources économiques au besoin.

Entre les deux sessions (une semaine), nous leur avons demandé de modéliser les chaînes de valeurs REA pour chacun des trois processus d'affaires. À ce titre, nous leur avons donné deux instructions :

1. *De respecter la syntaxe REA* : le modèle REA doit être une chaîne de valeurs bien formée. Notamment, chaque transaction REA doit au moins avoir deux événements économiques duaux : l'événement d'incrément et l'événement de décré-
ment ;

2. *De modéliser au plus bas niveau de granularité* : en incluant autant d'échanges REA que possible pour autant que le modèle BPMN le permette.

La seconde session a eu lieu sous forme d'entrevues individuelles. Nous avons présenté à chaque participant les processus générés automatiquement selon notre approche (en se basant sur les annotations du participant) et nous leur avons demandé de répondre aux questions suivantes pour chaque transaction REA de la chaîne de valeurs :

- (Q1) *Pertinence* : Est-ce que la transaction REA devrait faire partie de la chaîne de valeurs (Oui / Non) ?
- (Q2) *Cohérence* : Si pertinente, est-ce que la transaction REA, tel que présentée, est cohérente avec la sémantique du processus d'affaires BPMN correspondant (Oui / Non) ?
- (Q3) *Cohérence globale* : Si pertinente, est-ce que le positionnement de la transaction REA au sein de la chaîne de valeurs et ses relations avec les autres transactions REA sont cohérents (Oui / Non) ?

Après avoir pris note de leurs réponses, nous leur avons proposé de modifier, s'ils le souhaitent, leurs annotations de la première session. En effet, au vu des annotations fournies lors de la première sessions, nous avons remarqué que les sujets n'ont pas bénéficié du temps et du recul nécessaire pour réaliser cette tâche. En ayant eu comme tâche de modéliser la chaîne de valeurs pendant une semaine, ils étaient plus à même d'identifier les ressources économiques impliquées.

À partir de leurs nouvelles annotations, nous avons généré à nouveau les transformations REA. Nous avons alors demandé aux participants de répondre aux mêmes questions que précédemment, pour chaque transaction REA du nouveau modèle généré, ainsi qu'à la question suivante :

- (Q4) Pour chaque transaction REA de la chaîne de valeurs que vous avez modélisée manuellement, pouvez-vous associer une (ou plusieurs) transaction(s) du modèle généré automatiquement ?

Nous présentons, dans la sous-section suivante, les résultats obtenus.

Process	Transformation automatique								Transformation manuelle			
	Annotations séance 1				Annotations séance 2				Man	Q4	P	R
	Gen	Q1	Q2	Q3	Gen	Q1	Q2	Q3				
P1	12.00	11.87	11.62	10.12	12.62	12.62	12.25	12.62	8.25	7.81	0.97	0.95
P2	3.12	3.00	2.75	2.50	4.50	4.37	4.37	4.37	4.00	3.37	0.97	0.84
P3	5.37	5.37	5.00	4.75	5.87	5.87	5.37	5.87	4.37	4.00	0.91	0.91
Tous	6.83	6.75	6.46	5.79	7.66	7.62	7.33	7.62	5.54	5.06	0.96	0.91

TABLE 7.13 Résultats de l'étude B.

7.3.2 Résultats

Nous présentons nos résultats obtenus dans le tableau 7.13 pour chacun des processus puis en considérant tous les processus. Le tableau se divise en deux parties. La première, intitulée *Transformation automatique* présente les réponses aux questions relatives au modèle ayant été produit automatiquement par notre approche. Cette section du tableau se subdivise également en deux parties : celle qui présente les résultats concernant les modèles générés (1) en utilisant les annotations faites à la fin de la première séance et (2) en utilisant les annotations de la deuxième séance. Pour chaque annotation, nous présentons les colonnes :

- *Gen* : la moyenne du nombre de transactions REA obtenues dans le modèle produit automatiquement ; et
- *Q1*, *Q2* et *Q3* : En moyenne, le nombre de fois où un participant a répondu OUI à chacune de ces questions Q1, Q2 et Q3.

Dans la deuxième partie du tableau, nous nous intéressons aux transformations manuelles effectuées par les participants. Dans la colonne *Man*, nous consignons la moyenne du nombre de transactions REA par modèle manuel. La colonne *Q4* est relative à la question Q4 et nous y calculons la moyenne du nombre de transactions REA ayant été associées à des transactions du modèle automatique (celui de la séance 2).

À partir de ces résultats, nous nous sommes intéressés aux taux de précision (P) et de rappel (R). Nous définissons la précision comme le rapport entre le nombre de transactions REA que le participant a jugé pertinentes et cohérentes et le nombre total de transactions ayant été générées automatiquement. Quant au rappel, nous considérons

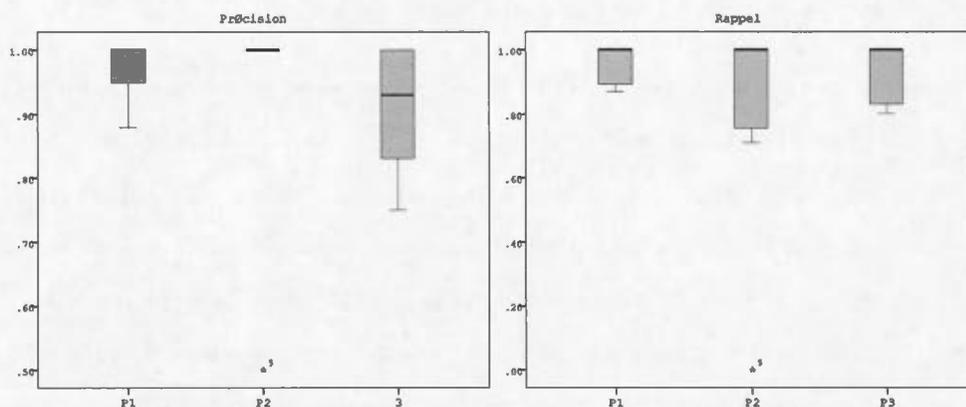


FIGURE 7.10 Précision et rappel de l'étude B, calculées par processus.

le rapport entre le nombre de transactions du modèle manuel ayant été associées à des transactions du modèle automatique et le nombre de transactions manuelles.

$$P = \frac{Q2}{Gen} \quad (7.7)$$

$$R = \frac{Q4}{Man} \quad (7.8)$$

Nous présentons, dans la figure 7.10, la répartition des valeurs de rappel par quartile.

7.3.3 Interprétation et discussion

Tel que nous pouvons le voir dans le tableau 7.13, notre approche a permis, en moyenne, de retrouver 91% des transactions REA ayant été modélisées manuellement par nos sujets. De plus, nous avons été en mesure de générer 183 transactions REA qui ont été considérés pertinentes, comparativement à un total de 133 transactions ayant été modélisées manuellement. Ceci nous montre que notre approche a permis de faire découvrir aux sujets des transactions REA qu'ils auraient ignorées autrement. Finalement, nous remarquons que 96% des transactions REA générées par notre approche ont été

considérées pertinentes et cohérentes par nos participants.

D'un point de vue pragmatique, les résultats et les entrevues avec les participants ont permis de mettre de l'avant la façon dont notre approche peut fournir du support à un analyste qui désire modéliser la chaîne de valeurs d'un processus d'affaires. Tout d'abord, les résultats ont montré qu'on a été en mesure de générer 38% plus de transactions REA comparativement au nombre de transactions manuelles. De plus, en comparant les résultats avant et après que les annotations aient été révisées, nous avons remarqué la facilité avec laquelle les participants ont été en mesure d'améliorer leurs résultats. En effet, nous estimons que notre approche facilite la détection d'annotations manquantes ou erronées, permettant ainsi des raffinements itératifs jusqu'à obtenir une chaîne de valeurs valide. Finalement, durant les entrevues individuelles, les participants ont unanimement affirmé que la production des chaînes de valeurs REA en utilisant cette approche est nettement plus efficace que l'alternative manuelle.

Les résultats de l'expérience nous ont également permis de mettre en évidence certains problèmes de notre approche. En effet, sept transactions REA parmi 184 ont été jugées incohérentes. La principale incohérence ayant été relevée par les sujets est liée au patron de sous-traitance lorsque le participant impliqué est le client de la compagnie à l'étude. En effet, un client peut être impliqué dans une conversion, mais nos participants ont estimé que le « service » fourni par ce dernier ne devrait pas être considéré dans la conversion. Ceci se manifeste, notamment, dans le processus de développement logiciel : le client est impliqué dans la production des documents d'analyse et son implication est détectée comme un patron de sous traitance. Nous estimons que ne pas considérer le service du client relève surtout d'une opinion subjective plutôt liée à des choix de modélisation. En effet, nous ne pouvons nier l'existence du service : le client engage des ressources pour contribuer à l'analyse du logiciel. Ces services peuvent être couverts par des dispositions qui sortent du cadre du processus (ex. : définis dans le contrat liant les deux parties). Cependant, en ce qui a trait à la chaîne de valeurs, un service existe et il a été consommé. Nous pourrions toutefois considérer ces compromis de modélisation en utilisant une classification des participants au processus autres que la compagnie à

l'étude. Par exemple, en spécifiant qu'un partenaire est *un client* tandis qu'un autre est *un fournisseur*, nous serions en mesure de discriminer les deux participants lors de la construction de la chaîne de valeurs et d'ignorer le service dans une sous-traitance si le participant est un client.

7.3.4 Limites de l'étude

Tel que mentionné en introduction de cette section, la principale limite à laquelle nous faisons face est la faible taille de l'échantillon et le manque de puissance statistique de nos données. Ceci a pour effet de limiter la validité de nos conclusions. Nous notons également des limites à la validité externe (généralisation). En effet, le manque d'expertise de nos sujets en modélisation métier et avec le cadre REA limite leur représentativité de la population cible visée par cette étude. De plus, le faible nombre de sujets rend les résultats moins généralisables.

Nous notons également que la formation à REA a été faite par l'expérimentateur lui-même. Ceci peut affecter la validité des conclusions car ce dernier peut avoir influencé *involontairement* les sujets. Pour mitiger ce risque, l'expérimentateur s'est abstenu de fournir une solution ou d'intervenir dans la recherche de solutions lors de l'exercice de modélisation de la chaîne de valeurs à la fin de l'expérience.

Finalement, nous mentionnons l'effet de contamination possible entre les sujets ayant participé à l'étude. En effet, compte tenu de la proximité des sujets (collègues de laboratoires) et du délai d'une semaine entre les deux sessions, ces derniers auraient pu avoir des contacts affectant la qualité des résultats. Cependant, une comparaison des modèles des participants n'a révélé aucune similitude flagrante au niveau de leurs résultats.

7.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté deux études empiriques que nous avons menées dans le but de valider plusieurs aspects des approches que nous avons proposées dans cette thèse.

Dans la première étude, nous nous sommes intéressés aux aspects liés aux principales contributions de notre thèse, à savoir la pertinence des facteurs de compensation, la pertinence des activités générées et la cohérence des processus de compensation produits. L'expérience a été menée par Internet auprès d'un échantillon de 21 personnes répondant à des critères de sélection précis. Tout en tenant compte des limites de l'étude, l'expérience a permis d'établir la validité de notre approche. Notamment, nous avons pu accepter les hypothèses voulant que notre approche permette d'atteindre des taux de précision et de rappels supérieurs à 75%. Nous avons également pu établir qu'un analyste d'affaires trouve cette approche globalement utile et aurait l'intention de l'utiliser s'il devait modéliser des processus de compensation.

La seconde étude a porté sur la validation de notre approche de construction de chaînes de valeurs à partir d'un modèle de processus d'affaires BPMN. Elle a été menée auprès de huit étudiants diplômés engagés dans des recherches liées au commerce électronique. Les résultats ont montré des taux de rappel et de précision supérieurs à 90%. Bien que nous ayons reconnu d'importantes limites à la validité des résultats et la nécessité de mener une étude de plus grande envergure, nous estimons que cette expérience fournit des arguments en faveur de notre approche.

CHAPITRE VIII

CONCLUSION ET PERSPECTIVES FUTURES

Tout au long des chapitres précédents, nous avons présenté et détaillé une méthodologie originale visant à modéliser, de façon semi-automatisée, les processus de compensation pour les processus d'affaires. Cette méthodologie repose sur une analyse métier du processus d'affaires effectuée pas le biais du cadre conceptuel REA. Ceci nous a permis de proposer un ensemble de facteurs de compensation qui constituent notre principale contribution et nous permettent d'élucider les activités de compensation dans le but de construire un processus d'affaires de compensation. Nous avons complété ce travail par deux travaux connexes. Dans le premier, nous avons cherché à améliorer l'utilisabilité de notre approche en proposant une méthode d'extraction de la chaîne REA à partir du processus d'affaires. Ainsi, notre méthodologie ne dépend plus d'une chaîne de valeurs fournie en entrée et ne requiert que le modèle du processus d'affaires. Finalement, nous avons souhaité optimiser les processus de compensation que nous générons en identifiant les possibilités de compensation partielles dans le but de reprendre l'exécution du processus.

En conclusion de la thèse, nous commencerons par énumérer nos contributions dans la section 8.1. Ensuite, nous proposerons, dans la section 8.2, un ensemble de perspectives futures que nous avons divisées en deux parties. Dans la première, nous posons des questions susceptibles d'étendre notre théorie et d'améliorer les résultats produits. Dans la deuxième, nous proposons un ensemble de problématiques qui auront un impact sur l'utilisabilité de notre approche.

8.1 Contributions

Les travaux présentés dans cette thèse proposent et implémentent partiellement une méthodologie en quatre étapes pour la modélisation des processus de compensation. **L'objectif visé par ce travail est de fournir aux analystes d'affaires une méthodologie et des outils pour les supporter dans la modélisation des processus**

de compensation de leurs processus d'affaires. La méthodologie que nous proposons se décompose en quatre étapes, dont trois ont fait l'objet de cette thèse.

L'étape au coeur de notre approche vise à identifier les activités de compensation d'un processus d'affaire et à construire le processus de compensation associé en nous basant sur une analyse métier. Pour ce faire, **nous avons proposé un ensemble de sept facteurs décisionnels génériques de haut niveau entrant dans la modélisation des activités de compensation que nous avons validés empiriquement.** Ceci nous a permis de transformer le problème de la modélisation de la compensation d'un problème complexe d'apparence insolvable en un problème simple caractérisé, en grande partie, par un nombre restreint de paramètres. Une étude empirique, que nous avons menée pour valider la pertinence des activités et la cohérence des processus de compensation produits, a montré que **notre approche permet d'obtenir des taux de précision et de rappel de plus de 75%.**

Les processus de compensation produits par l'étape ci-dessus permettent de compenser un processus d'affaires intégralement, le rétablissant au début du processus. Cependant, il est souvent préférable de rétablir le processus à un point intermédiaire, entre l'état initial et le point d'interruption, établissant ainsi un périmètre de compensation. À ce titre, nous avons proposé **une approche permettant de calculer des périmètres de compensation en identifiant des points de retours pertinents selon l'erreur observée.** Pour y parvenir, nous avons proposé **une adaptation de la technique du tranchage logiciel au contexte des processus d'affaires** en reposant sur la sémantique des noeuds du processus d'affaires. Cette technique peut être appliquée dans plusieurs domaines de recherches liés aux processus d'affaires tels que le forage, la vérification, l'orchestration automatique ou la réingénierie des processus. De plus, dans le but d'optimiser les résultats de notre approche, nous avons proposé **un ensemble d'heuristiques et de mesures métier** permettant de classer les points de retour. Ces mêmes métriques peuvent être adaptées pour résoudre des problématiques telles que l'identification d'un meilleur chemin au sein d'un processus d'affaires parmi un ensemble d'alternatives.

Finalement, compte tenu que ce travail repose sur une vue métier du processus d'affaires exprimée dans le cadre REA, nous avons proposé **une technique semi-automatisée permettant l'extraction de la chaîne de valeurs depuis un processus d'affaires**. Elle repose sur l'identification de motifs et la transformation de modèles, et utilise **un ensemble de motifs structurels et comportementaux que nous avons identifiés**.

Sur le plan pratique, ce travail a permis de proposer :

- Principalement, **une approche intégrée permettant la construction des processus de compensation**, et ce, en faisant abstraction de la représentation intermédiaire du processus, rendant ainsi notre approche basée seulement sur le modèle du processus d'affaires.
- **Une technique semi-automatisée pour l'extraction des chaînes de valeurs** pouvant trouver des applications bien au-delà de la thématique de la compensation. Par exemple, cette technique permettrait de vérifier automatiquement l'alignement entre les processus d'affaires d'une organisation et les chaînes de valeurs (stratégiques) établies.
- **Un méta-modèle REA ainsi qu'un outil permettant de modéliser des chaînes de valeurs REA**.
- **Un ensemble de prototypes de recherche** implémentant nos différentes approches et qui constitueront la base pour l'implémentation d'un outil de modélisation des processus de compensation.

8.2 Perspectives futures

Le travail effectué dans le cadre de cette thèse nous a permis de soulever plusieurs questions et pistes de recherche reliées à la problématique de la modélisation des processus de compensation, que nous prévoyons explorer dans le futur. Les problématiques soulevées s'attaquent à deux fronts.

Tout d'abord, sur le plan fondamental, nous estimons que d'autres travaux sont nécessaires pour améliorer les résultats de notre approche ainsi que pour élargir la probléma-

tique traitée. En effet, comme nos résultats l'ont montré, dans le chapitre 7, nous avons obtenu des taux de rappel et de précision pour les activités de compensation élicitées qui dépassent 75%. Ce résultat est certainement encourageant et l'approche est jugée utile par nos répondants, mais il y a encore place à l'amélioration. De plus, nous avons identifié, à la fin de chacun des chapitres 4, 5 et 6, les limites des approches que nous avons proposées. En s'attaquant à ces problématiques qui visent à éliminer ces limites, nous étendons le champ d'application de notre approche. Nous présentons nos propositions de recherche relatives aux aspects théoriques dans la sous-section 8.2.1.

Ensuite, nous estimons qu'au-delà du développement d'une suite d'outils permettant d'intégrer nos différentes approches proposées et offrir une solution globale, il demeure que de nombreux efforts sont encore nécessaires pour améliorer l'utilisabilité de l'approche. En effet, chacune des étapes de notre approche requiert un effort de configuration non-négligeable et des améliorations à ces aspects sont requises pour envisager un transfert de ce travail vers la pratique et l'industrie. Nous présentons nos travaux futurs relatifs à l'utilisabilité de notre approche dans la sous-section 8.2.2.

8.2.1 Améliorations fondamentales de l'approche

8.2.1.1 Tirer profit des autres vues du processus d'affaires

L'approche que nous proposons se base sur l'abstraction métier du processus d'affaires nous ayant permis d'établir nos facteurs de compensation. L'abstraction que nous avons utilisée est la chaîne de valeurs du processus exprimée sous forme d'échanges REA. Cependant, nous faisons l'hypothèse qu'en considérant d'autres vues/perspectives du processus d'affaires, nous serions en mesure d'établir d'autres facteurs qui pourraient nous permettre d'éliciter davantage d'activités à compenser.

L'une des vues que nous avons présentées dans notre revue de la littérature et que nous avons mentionnées à plusieurs reprises dans la thèse est la vue des objectifs. Celle-ci offre une décomposition d'un ensemble d'objectifs en plusieurs niveaux de sous-objectifs

permettant de les supporter. Les objectifs se spécialisent également en plusieurs types dont, notamment, les objectifs mesurables (*hard goals*), les objectifs non-mesurables ou non-fonctionnels (*soft-goals*) et les activités. De plus, cette vue offre plusieurs types de liens entre les objectifs, au-delà des liens de décomposition, tels que les liens de contribution ou les liens d'entrave (cf. 2.3.1, p. 33).

Nous avons déjà élaboré un exemple illustrant comment nous pourrions tirer profit de cette vue dans le cadre de l'élicitation des activités de compensation (cf. 4.5.1). Nous allons maintenant considérer le cas du calcul du point de retour et supposons que nous faisons face à un processus de vente et distribution qui a avorté suite à l'indisponibilité du transporteur désigné. Supposons également que plusieurs autres alternatives de livraisons sont définies dans le processus, qui varient au niveau du délai de livraison et du coût de transport (plus c'est rapide, plus c'est cher). Supposons finalement que nous disposons d'un modèle des objectifs du processus incluant deux objectifs concurrents : *satisfaire le client et réduire les coûts d'exploitation*. Ainsi, la livraison coûteuse et rapide favorise le premier objectif, tandis que la livraison lente et moins dispendieuse favorise le second. En utilisant des approches telles que celle proposée par Amyot et al. (2010), qui permet de mesurer quantitativement quel objectif serait en mesure de satisfaire les objectifs de plus haut niveau de l'organisation (stratégiques), nous pourrions être en mesure d'identifier quelle alternative de livraison favoriser lors du calcul du point de retour, voire éliminer de la liste des candidats celui qui répond mal aux objectifs.

Un processus d'affaires peut être analysé selon plusieurs angles : la vue informationnelle, les diagrammes d'allocation des ressources (Gantt, par exemple), la vue organisationnelle, etc. Il serait ainsi intéressant d'étudier l'impact de ces différentes vues sur la problématique de la modélisation de la compensation.

8.2.1.2 Prendre en charge des chemins alternatifs

Nous avons déjà soulevé et décrit cette problématique lors de la discussion des limites de notre approche d'identification des activités de compensation (cf. 4.5.3). Ce travail

consistera à caractériser ce qu'est une vraie alternative métier d'une alternative purement opérationnelle et d'étendre l'ontologie REA avec les concepts nécessaires à la modélisation des alternatives.

8.2.1.3 Identifier le responsable de l'avortement

La notion de responsabilité d'un avortement est un problème complexe qui peut avoir des ramifications qui vont au-delà du processus d'affaires analysé. En effet, tel que nous l'avons mentionné dans le chapitre 4, nous ne pouvons naïvement assumer que le participant au processus, ayant une activité qui a avorté, soit le responsable de l'avortement. De plus, la responsabilité peut avoir des ramifications contractuelles ou dépendre de dispositions relatives aux politiques organisationnelles.

À première vue et en faisant abstraction des aspects politiques et contractuels, nous estimons devoir disposer de l'information sur l'erreur s'étant produite et ayant provoqué l'avortement du processus. En disposant de cette information, et en supposant pouvoir identifier précisément l'activité ayant causé l'erreur, nous serions à même d'inférer le responsable de l'avortement. Par exemple, en cas d'avortement de notre processus de la compagnie *ABC Inc.* en raison d'une livraison à la mauvaise adresse, si l'erreur observée est liée à l'activité de préparation du colis (mauvaise adresse collée sur le colis), nous pourrions en déduire que la compagnie *ABC Inc.* est responsable de l'avortement. Ainsi, nous relierions le responsable de l'avortement au participant qui est en charge de l'activité ayant fait défaut.

Nous avons déjà proposé une approche, dans le chapitre 6, permettant d'identifier les activités ayant pu causer l'erreur. Il s'agit donc d'étendre et d'améliorer ce travail et de déterminer d'autres paramètres et mesures spécifiques à l'identification des responsables.

8.2.1.4 Évaluations additionnelles

Comme nous l'avons évoqué au chapitre 6, notre travail sur l'identification du périmètre de la compensation doit encore être validé. De plus, les résultats que nous avons

présentés, dans le chapitre 7, ont permis de prouver la validité des fondements de notre approche. Cependant, nous devons reconnaître leurs limites, essentiellement en termes de taille d'échantillon. Nous estimons que des évaluations empiriques additionnelles doivent être menées sous forme de répliques (internes et externes) ou d'étude de cas dans un contexte industriel. Ceci permettra de mettre notre approche à l'épreuve, d'identifier davantage de limites et de soulever d'autres questions de recherche. Finalement, nous devons valider notre approche globale une fois que celle-ci aura été intégrée et que des outils nécessaires auront été développés.

8.2.2 Améliorations à l'utilisabilité de l'approche

8.2.2.1 Vers une ontologie de ressources et d'événements économiques

Tel que nous l'avons décrit dans le chapitre 4, une des étapes de notre méthodologie de construction de la chaîne de valeurs de la compensation consiste à classer les éléments de la chaîne de valeurs REA selon les critères définis par nos facteurs de compensation (ex. : type de ressources, propriétés altérées et leurs types). Classifier ainsi chaque élément de la chaîne de valeurs a un coût important en terme d'efforts déployés par l'analyste. Nous trouvons d'ailleurs ce processus pénible et il dessert notre objectif d'aider l'analyste à modéliser les processus de compensation. De plus, ceci requiert une logique et fait appel à une terminologie qui s'éloignent du champs de compétences d'un analyste. Ainsi, nous serions avisés de lui offrir une méthodologie qui nécessite uniquement la description du processus en utilisant une terminologie purement métier et qui automatise, autant que possible, l'identification des événements et des ressources (incluant les droits et propriétés associés). En d'autres termes, l'analyste n'aurait qu'à mentionner à quel *type de ressources* appartient un *Livre* (ex. : Oeuvre littéraire imprimée) et à quel *type d'événement* correspond l'événement *Transporter les produits* (ex. : Transport terrestre). À partir de cette classification, nous serions en mesure d'inférer que le *Livre* a une propriété de *localisation* qui est altérée par l'événement *Transporter les produits*.

Nous estimons être en mesure d'aller plus en profondeur et proposer une hiérarchie

de généralisations de ressources économiques similaires. Considérons, par exemple, un livre, une voiture et un ordinateur. Une des caractéristiques que ces ressources ont en commun est le fait qu'ils occupent un espace physique donné à un instant donné. En fait, nous pourrions regrouper ces ressources sous la classe des *ressources tangibles*, toutes partageant une propriété de *localisation*. Cette classification ne devrait pas être une classification orthogonale (du style taxonomie). Prenons le livre comme exemple. Le même livre peut être vendu tant en version imprimée qu'en version électronique. Bien que le livre imprimé partage les propriétés des *ressources tangibles*, ce n'est pas le cas d'un livre électronique. Cependant, les deux types de livres partagent un droit de *propriété intellectuelle* ainsi qu'une propriété de *divulgaration* altérée dès que le livre est en possession d'un client. En effet, même si le client retourne le livre en bon état, ce dernier aurait bien pu le lire avant de le retourner. Plusieurs autres ressources économiques pourraient également partager ce droit et cette propriété dans une catégorie que nous appellerions *ressources intellectuelles*, tout en appartenant également à la classe des ressources tangibles (ex. : un film, un logiciel, etc.). Cependant, comme le montre notre exemple de livre électronique, toute *ressource intellectuelle* n'est pas forcément une *ressource tangible*. Nous pourrions appliquer le même raisonnement aux événements REA.

En empruntant cette stratégie, une question qu'on peut légitimement se poser est la suivante : à quel moment doit-on arrêter de monter dans l'échelle de l'abstraction ? Nous estimons qu'il y aura toujours matière à davantage de spécialisation/généralisation des classes et estimons qu'il serait utopique de tenir compte de toutes les variations possibles. De plus, certaines de ces variations peuvent se contredire d'un domaine d'affaires à un autre. Ainsi, la classification que nous devons proposer doit être suffisamment de haut niveau (et limitée en nombre de concepts) pour accommoder toutes les industries et domaines d'application, tout en étant suffisamment adaptable à une entreprise ou un domaine d'affaire particuliers.

Par conséquent, nous proposons de considérer une ontologie structurée en quatre couches, tel que nous l'illustrons dans la figure 8.1. Chaque couche de l'architecture proposée est

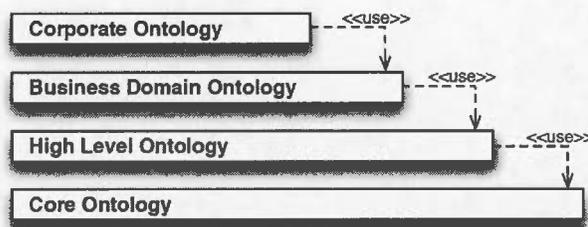


FIGURE 8.1 Vue architecturale de l'ontologie de compensation proposée.

une couche d'abstraction. La couche du bas, l'ontologie noyau (*core ontology*), est constituée des concepts de base et reprend les concepts REA ainsi que les concepts issus de nos facteurs de compensation (par exemple, les classes *Primaire* et *Secondaire* pour une propriété). L'ontologie de haut niveau inclurait des spécialisations génériques des concepts du noyau telles que les classes sus-mentionnées de ressources (*tangibles, intellectuelles*) et d'événements économiques (*expédition, sous-traitance*). Nous envisageons construire cette ontologie en étudiant un corpus étendu de ressources économiques (United Nations, 2005, par exemple) et en analysant leurs propriétés manuellement et de façon automatique via une analyse formelle de concepts. L'ontologie du domaine d'affaires regrouperait l'ensemble des spécialisations liées à un domaine d'affaires particulier, tandis que l'ontologie organisationnelle tiendrait compte des spécificités d'une organisation.

8.2.2.2 De chaîne de valeurs à processus d'affaires

Dans cette thèse, nous avons proposé une méthodologie en quatre étapes pour modéliser les processus de compensation en prenant comme entrée et en produisant en sortie un modèle de processus d'affaires (ex. : BPMN). Dans ce travail, nous nous sommes concentrés sur les trois premières étapes de la méthodologie et n'avons pas abordé la dernière étape qui consiste à produire un processus d'affaires à partir d'une chaîne de valeurs.

Certains auteurs se sont intéressés à cette problématique et ont proposé des travaux dont nous avons fait la revue dans la section 5.2.1 (Fatemi, van Sinderen et Wieringa, 2011;

Wieringa et al., 2008; Andersson et al., 2006b). D'autres auteurs se sont intéressés à la même problématique à partir d'un modèle d'objectifs (Behnam, Amyot et Mussbacher, 2010). Dans notre cas, nous pourrions envisager adapter ces techniques au cadre REA. Cependant, ceci ne constitue pas un défi théorique majeur.

Nous considérons toutefois la transformation des modèles d'affaires REA en des modèles de processus d'affaires exprimés dans un langage déclaratif, plutôt qu'un langage procédural, tel que le langage BPMN. Un modèle déclaratif définit le processus d'affaires en spécifiant les activités devant être exécutées (le *quoi*) et les contraintes devant être respectées, sans décrire *comment* ces activités doivent être exécutées (Caron et Vanthienen, 2015). Les contraintes portant sur les activités peuvent être des contraintes de précedence (*il faut obligatoirement exécuter A avant B*), de succession (*B doit succéder directement à A*), d'obligation (*en exécutant A, il faut exécuter B à un moment futur avant de terminer le processus*), etc. Il existe plusieurs langages de modélisation de processus déclaratifs. Nous en avons comparé deux dans un de nos travaux récents (Carvalho et al., 2016) : le langage CMMN (Object Management Group (OMG), 2014) et le langage ConDec (?).

Nous estimons qu'il est plus naturel de traduire un modèle d'affaires en un modèle de processus d'affaires déclaratif car la distance sémantique est moins grande. En effet, dans les deux cas, le modèle s'abstrait du séquençage des activités. Ainsi, un modèle d'affaires REA ou un modèle d'affaires déclaratif représentent une classe de processus d'affaires impératifs. Par conséquent, transformer un processus d'affaires REA reviendrait à choisir *un processus impératif parmi plusieurs solutions possibles*. Ceci ne veut pas dire qu'il existe une correspondance un-à-un entre un modèle REA et un modèle CMMN (par exemple). En effet, un modèle REA ne contient pas nécessairement toutes les contraintes d'ordre opérationnel que nous retrouverions dans le modèle CMMN. Cependant, nous estimons que l'espace de solution est plus restreint et nous proposons d'étudier ces aspects dans le futur.

8.2.2.3 Élaboration d'un protocole de compensation inter-organisationnel

Dans notre approche, nous avons considéré les processus d'affaires qui impliquent une collaboration entre plusieurs partenaires. Cependant, la solution que nous proposons permet de produire le processus de compensation de seulement l'un des partenaires, qui est la compagnie à l'étude. Prenons, par exemple, notre facteur de compensation portant sur les transactions de type échange et considérons un échange qui représente l'acquisition d'un produit par la compagnie à l'étude. Notre facteur nous indique que pour compenser un échange, l'échange doit être renversé. Nous assumons ainsi que le partenaire est également disposé à renverser l'échange.

Nous pouvons aisément imaginer plusieurs cas où le partenaire ne serait pas disposé à accepter qu'un tel échange soit renversé. Dans d'autres cas, ceci peut être possible mais implique des pénalités. Ceci peut être causé par des politiques organisationnelles du partenaire, des aspects contractuels, etc. De plus, comme nous l'avons souligné à maintes reprises dans le chapitre 4, plusieurs paramètres dépendent de décisions d'affaires faites par l'analyste lors de la modélisation du processus.

Ceci met en évidence la nécessité d'établir une coordination entre partenaires pour modéliser (ou exécuter) les processus de compensation. Ceci pose un problème technique et un problème métier. L'aspect technique concerne l'optimisation du processus de compensation généré. En effet, l'implication des partenaires dans l'identification des activités de compensation impliquera *a fortiori* plusieurs solutions concurrentes dont la compagnie à l'étude doit tenir compte. D'un point de vue métier, il est nécessaire de définir quels sont les paramètres de la compensation devant et pouvant être échangés entre participants aux processus. En effet, nous pourrions poser des questions telles que : est-il nécessaire d'échanger toutes les informations sur les ressources échangées ? Est-ce que les partenaires doivent adopter une terminologie/ontologie commune ou doit-on prévoir des étapes d'alignement entre les ontologies (cf. 8.2.2.1) ?

Tous ces aspects nous montrent qu'il paraît nécessaire d'établir un protocole de collabo-

ration spécifique à la compensation.

"They didn't know it was impossible, so they did it."

Mark Twain

Annexes

ANNEXE I

DÉFINITION FORMELLE DES MOTIFS STRUCTURELS BPMN

Dans cette annexe, nous introduisons un ensemble de définitions visant à formaliser nos patrons structurels. Cette définition formelle¹, comparativement à la description graphique et textuelle que nous avons fournie au chapitre 5, permet : (1) de définir les patrons de façon générale et abstraite, nous évitant ainsi de préciser toutes les variations possibles du patron, (2) de faciliter la l'implémentation de la détection de façon systématique des motifs et (3) d'analyser et comparer les motifs comme, par exemple, pour en prouver la non-confluence.

Définition 8. We define a business process P modeled from the perspective of the company under study C (noted P_C) as a tuple $P_C = \langle A, Pt, R, Cf, Input, Output, Min, Mout \rangle$ where :

- A is the set of flow elements of the process (i.e. Activities, Events and Gateways) ;
- Pt the set of participants including C ;
- R the set of economic resources ;
- $Cf : A \times 2^A$ the mapping relation between activities (i.e. the control flow) ;
- $Input : A \times 2^R$ the mapping relation between activities and their corresponding inflow resources ;

1. **Note :** Dans l'expression de nos définitions, nous utiliserons la notation abrégée 2^X pour représenter le *powerset* de X .

- *Output* : $A \times 2^R$ the mapping relation between activities and their corresponding outflow resources ;
- *Min* : $A \times Pt$ the mapping between message receiving activities and participants ;
- *Mout* : $A \times Pt$ the mapping between message sending activities and participants ;

For the sake of readability and conciseness, we introduce some notations :

- For any flow elements $a_1, a_2 \in A$ the notation $a_1 \rightarrow a_2$ should be interpreted as $\exists A' \in 2^A$ s.t. $a_2 \in A'$ and $(a_1, A') \in Cf$.
- For a flow element $a \in A$ and a participant $p \in Pt$, we adopt the notation $a \rightsquigarrow p$ to express $(a, p) \in Mout$ (i.e. a message sent by a to p) and $p \rightsquigarrow a$ meaning $(a, p) \in Min$ (i.e. a message received by a from p).
- For a flow element $a \in A$ and an economic resource $r \in R$, we will note $a \dashrightarrow r$ to express $\exists R_1 \in 2^R$ s.t. $r \in R_1$ and $(a, R_1) \in Output$. Similarly we will note $r \dashrightarrow a$ to express $\exists R_1 \in 2^R$ s.t. $r \in R_1$ and $(a, R_1) \in Input$.

Définition 9. For a business process P_C and resource $r \in R$, we define the set of variation V_r of r such that there is a variation $v_r^i \in V_r$ if $\exists a \in A$ st. $r \dashrightarrow a$ or $a \dashrightarrow r$.

In other words, we associate a variation to each occurrence of an economic resource. We define the global set of variations $V = \bigcup_{r \in R} V_r$.

Définition 10. We define the relation $\rightleftharpoons: A \times R$ such that $\forall a \in A, \forall r \in R, a \rightleftharpoons r$ iff $a \dashrightarrow r$ or $r \dashrightarrow a$.

Therefore, the relation \rightleftharpoons maps a flow element with each of its inflow and outflow resources.

Définition 11. The relation \ll is defined over A such that $\forall a, b \in A, a \ll b$ iff :

- $a \rightarrow b$, or
- $\exists c \in A$ s.t. $a \ll c$ and $c \rightarrow b$

The relation \ll is a strict partial order over A .

Définition 12. $\forall r_1, r_2 \in R, \forall v_1 \in V_{r_1}, \forall v_2 \in V_{r_2}, v_1 \ll v_2$ if and only if

- $\exists a \in A/r_1 \dashrightarrow a$ and $a \dashrightarrow r_2$ or

- $\exists a, b \in A/a \neq b$ and $a \ll b$ and $a \Rightarrow r_1$ and $b \Rightarrow r_2$.

Finally, we define a subset P_C^i of a business process P_C as a tuple :

Définition 13. A subset

$P_C^i = \langle A^i, Pt^i, R^i, Cf^i, Input^i, Output^i, Min^i, Mout^i \rangle$ of a business process

$P_C = \langle A, Pt, R, Cf, Input, Output, Min, Mout \rangle$ is a tuple such that $A^i \subseteq A, Pt^i \subseteq Pt, R^i \subseteq R, Cf^i \subseteq Cf, Input^i \subseteq Input, Output^i \subseteq Output, Min^i \subseteq Min$ and $Mout^i \subseteq Mout$

And the smallest subset matching a pattern :

Définition 14. Let

$P_C^i = \langle A^i, Pt^i, R^i, Cf^i, Input^i, Output^i, Min^i, Mout^i \rangle$ be a subset of a business process P_C . P_C^i is the smallest subset matching a pattern T iff there is no subset P_C^j of P_C such that $A^j \subset A^i, Pt^j \subset Pt^i, R^j \subset R^i, Cf^j \subset Cf^i, Input^j \subset Input^i, Min^j \subset Min^i$, and $Mout^j \subset Mout^i$ that matches T 's conditions.

A.1 Conversion pattern

Proposition 15. Let

$P_C^i = \langle A, Pt, R, Cf, Input, Output, Min, Mout \rangle$ be a subset of a business process P_C .

P_C^i follows a conversion pattern iff P_C^i is the smallest subset of P_C such that :

$\exists a \in A, \exists R_1, R_2 \subseteq R$ s.t. $R_1 \neq \emptyset, R_2 \neq \emptyset$ and

$\forall r_1 \in R_1 r_1 \dashrightarrow a$ and $\forall r_2 \in R_2 a \dashrightarrow r_2$

A.2 Exchange pattern

Proposition 16. *Let*

$P_C^i = \langle A, Pt, R, Cf, Input, Output, Min, Mout \rangle$ *be a subset of business process* P_C .

P_C^i *follows an exchange pattern iff* P_C^i *is the smallest subset of* P_C *such that* $\exists A_1, A_2 \subseteq A$; $\exists R_1, R_2 \subseteq R$; $\exists p \in Pt$ *so that :*

- $R_1 \neq \emptyset$, $R_2 \neq \emptyset$ *and* $R_1 \cap R_2 = \emptyset$;
- $\forall r \in R_1$, $\exists a \in A_1$ / $a \rightsquigarrow p$ *and* $r \dashrightarrow a$; *and*
- $\forall r \in R_2$, $\exists a \in A_2$ / $p \rightsquigarrow a$ *and* $b \dashrightarrow r$.

A.3 Outsourcing pattern

Proposition 17. *Let*

$P_C^i = \langle A, Pt, R, Cf, Input, Output, Min, Mout \rangle$ *be a subset of business process* P_C .

P_C^i *follows an outsourcing pattern iff* P_C^i *is the smallest subset of* P_C *such that* $\exists A_1, A_2, A_3 \subseteq A$; $\exists R_1, R_2 \subseteq R$; $\exists p \in Pt$ *so that :*

- $R_1 \neq \emptyset$, $R_2 \neq \emptyset$, *and* $R_1 \cap R_2 = \emptyset$;
- $\forall a \in A_1$, $\forall b \in A_2$ $a \ll b$;
- $\forall r \in R_1$, $\exists a \in A_1$ / $a \rightsquigarrow p$ *and* $r \dashrightarrow a$;
- $\forall r \in R_2$, $\exists c \in A_3$ / $c \rightsquigarrow p$ *and* $r \dashrightarrow c$; *and*
- $\forall r \in R_1$, $\exists b \in A_2$ / $p \rightsquigarrow b$ *and* $b \dashrightarrow r$.

A.4 Insourcing pattern

Proposition 18. *Let*

$P_C^i = \langle A, Pt, R, Cf, Input, Output, Min, Mout \rangle$ *be a subset of business process* P_C .

P_C^i *follows an insourcing pattern iff* P_C^i *is the smallest subset of* P_C *such that* $\exists A_1, A_2, A_3 \subseteq A$

$A; \exists R_1, R_2 \subseteq R; \exists p \in Pt$ so that :

- $R_1 \neq \emptyset, R_2 \neq \emptyset$ and $R_1 \cap R_2 = \emptyset$;
- $\forall a \in A_1, \forall b \in A_2 a \ll b$;
- $\forall r \in R_1 \exists a \in A_1 / p \rightsquigarrow a$ and $a \dashrightarrow r$;
- $\forall r \in R_2 \exists c \in A_3 / p \rightsquigarrow c$ and $c \dashrightarrow r$; and
- $\forall r \in R_1 \exists b \in A_2 / b \rightsquigarrow p$ and $r \dashrightarrow b$.

A.5 Renting pattern

Proposition 19. *Let*

$P_C^i = \langle A, Pt, R, Cf, Input, Output, Min, Mout \rangle$ be a subset of business process P_C .

P_C^i follows a renting pattern iff P_C^i is the smallest subset of P_C such that $\exists A_1, A_2, A_3 \subseteq$

$A; \exists R_1, R_2 \subseteq R; \exists p \in Pt$ so that :

- $R_1 \neq \emptyset, R_2 \neq \emptyset$ and $R_1 \cap R_2 = \emptyset$;
- $\forall a \in A_1, \forall b \in A_2 a \ll b$;
- $\forall r \in R_1 \exists a \in A_1 / a \rightsquigarrow p$ and $r \dashrightarrow a$;
- $\forall r \in R_2 \exists c \in A_3 / c \rightsquigarrow p$ and $r \dashrightarrow c$; and
- $\forall r \in R_1 \exists b \in A_2 / b \rightsquigarrow p$ and $b \dashrightarrow r$.

ANNEXE II

RÈGLES DE DÉTECTION DE MOTIFS STRUCTURELS

Cette annexe complète le chapitre 5 et présente le code source de nos règles de détection des motifs structurels.

```
package ca.uqam.latece.bpmn2rea.rules.structuralpatterns
import adapters.*;
import rea.*;
import facts.*;
import java.util.Set;
import java.util.Collection;

import function utils.RuleFunctions.log;

rule "Conversion Pattern"
ruleflow-group "detect-patterns"
saliency 100
when
    $node: FlowNodeAdapter( )
    exists ItemAwareElementAdapter( patternIAEBelongsTo == null) from
        $node.inflowResources
    exists ItemAwareElementAdapter( patternIAEBelongsTo == null ) from
        $node.outflowResources
    $bpd: BusinessProcessDefinition()
then
```

```

ConversionPattern conversion = new ConversionPattern();
conversion.setCompanyUnderStudy($node.getProcess().getParticipant());
for(ItemAwareElementAdapter resource: $node.getInflowResources())
    if(resource.getPatternIAEBelongsTo()==null){
        conversion.addReceivedResource(resource);
        update(resource);
    }
for(ItemAwareElementAdapter resource: $node.getOutflowResources())
    if(resource.getPatternIAEBelongsTo()==null){
        conversion.addProducedResource(resource);
        update(resource);
    }
insert(conversion);
end

rule "Exchange Pattern (full)"
salience 90
ruleflow-group "detect-patterns"
when
    $p2: ProcessAdapter()
    $mainProcess: ProcessAdapter( isMainProcess(), this!=$p2)
    exists ItemAwareElementAdapter( patternIAEBelongsTo == null ) from
        $mainProcess.getReceivedResources($p2)
    exists ItemAwareElementAdapter( patternIAEBelongsTo == null ) from
        $mainProcess.getGivenResources($p2)
    not ItemAwareElementAdapter ( patternIAEBelongsTo == null ) from
        $mainProcess.intersectGivenAndReceivedResourcesWithProcess($p2)
then
    ExchangePattern exchange = new ExchangePattern();
    exchange.setCompanyUnderStudy($mainProcess.getParticipant());
    exchange.setInvolvedPartner($p2.getParticipant());
    for(ItemAwareElementAdapter received :
        $mainProcess.getReceivedResources($p2))

```

```

        if(received.getPatternIAEBelongsTo()==null){
            exchange.addReceivedResource(received);
            update(received);
        }
    for(ItemAwareElementAdapter given : $mainProcess.getGivenResources($p2))
        if(given.getPatternIAEBelongsTo()==null){
            exchange.addGivenResource(given);
            update(given);
        }
    insert(exchange);
end

```

```

rule "Exchange Pattern (Partial#1)"
saliency 40
ruleflow-group "detect-patterns"
when
    $p2: ProcessAdapter()
    $mainProcess: ProcessAdapter( isMainProcess(), this!=$p2)
    exists ItemAwareElementAdapter( patternIAEBelongsTo == null ) from
        $mainProcess.getReceivedResources($p2)
    not ItemAwareElementAdapter( patternIAEBelongsTo == null ) from
        $mainProcess.getGivenResources($p2)
then
    ExchangePattern exchange = new ExchangePattern();
    exchange.setCompanyUnderStudy($mainProcess.getParticipant());
    exchange.setInvolvedPartner($p2.getParticipant());
    for(ItemAwareElementAdapter received :
        $mainProcess.getReceivedResources($p2))
        if(received.getPatternIAEBelongsTo()==null){
            exchange.addReceivedResource(received);
            update(received);
        }
    insert(exchange);

```

320

end

```
rule "Exchange Pattern (Partial#2)"
```

```
salience 40
```

```
ruleflow-group "detect-patterns"
```

```
when
```

```
    $p2: ProcessAdapter()
```

```
    $mainProcess: ProcessAdapter( isMainProcess(), this!=$p2)
```

```
    exists ItemAwareElementAdapter( patternIAEBelongsTo ==null ) from
```

```
        $mainProcess.getGivenResources($p2)
```

```
    not ItemAwareElementAdapter( patternIAEBelongsTo ==null ) from
```

```
        $mainProcess.getReceivedResources($p2)
```

```
then
```

```
    ExchangePattern exchange = new ExchangePattern();
```

```
    exchange.setCompanyUnderStudy($mainProcess.getParticipant());
```

```
    exchange.setInvolvedPartner($p2.getParticipant());
```

```
    for(ItemAwareElementAdapter given : $mainProcess.getGivenResources($p2))
```

```
        if(given.getPatternIAEBelongsTo()==null){
```

```
            exchange.addGivenResource(given);
```

```
            update(given);
```

```
        }
```

```
    insert(exchange);
```

```
end
```

```
rule "Outsourcing Pattern (partial)"
```

```
ruleflow-group "detect-patterns"
```

```
salience 50
```

```
when
```

```
    $p2: ProcessAdapter()
```

```
    $mainProcess: ProcessAdapter( isMainProcess(), this!=$p2 )
```

```
    exists ItemAwareElementAdapter ( patternIAEBelongsTo ==null ) from
```

```
        $mainProcess.intersectGivenFirstAndReceivedResourcesWithProcess($p2)
```

```
    not ItemAwareElementAdapter ( patternIAEBelongsTo ==null ) from
```

```

        $mainProcess.getGivenOnlyResourcesWithProcess($p2);
then
    OutsourcingPattern outsourcing = new OutsourcingPattern();
    outsourcing.setCompanyUnderStudy($mainProcess.getParticipant());
    outsourcing.setInvolvedPartner($p2.getParticipant());
    Set<ItemAwareElementAdapter> convertedResources =
        $mainProcess.intersectGivenFirstAndReceivedResourcesWithProcess($p2);
    for(ItemAwareElementAdapter converted : convertedResources){
        if(converted.isGiven()){
            outsourcing.addProvidedResource(converted);
            update(converted)
        }
        if(converted.isReceived()){
            outsourcing.addConvertedResource(converted);
            update(converted)
        }
    }
    insert(outsourcing);
end

rule "Outsourcing Pattern (full)"
    salience 100
    ruleflow-group "detect-patterns"
    when
        $p2: ProcessAdapter()
        $mainProcess: ProcessAdapter( isMainProcess(), this!=$p2 )
        exists ItemAwareElementAdapter ( patternIAEBelongsTo ==null ) from
            $mainProcess.intersectGivenFirstAndReceivedResourcesWithProcess($p2)
        exists ItemAwareElementAdapter ( patternIAEBelongsTo ==null ) from
            $mainProcess.getGivenOnlyResourcesWithProcess($p2);
    then
        OutsourcingPattern outsourcing = new OutsourcingPattern();
        outsourcing.setCompanyUnderStudy($mainProcess.getParticipant());

```

```

outsourcing.setInvolvedPartner($p2.getParticipant());
Set<ItemAwareElementAdapter> convertedResources =
    $mainProcess.intersectGivenFirstAndReceivedResourcesWithProcess($p2);
for(ItemAwareElementAdapter converted : convertedResources){
    if(converted.isGiven()){
        outsourcing.addProvidedResource(converted);
        update(converted)
    }
    if(converted.isReceived()){
        outsourcing.addConvertedResource(converted);
        update(converted)
    }
}
outsourcing.addPaymentResources(
    $mainProcess.getGivenOnlyResourcesWithProcess($p2) );
insert(outsourcing);
end

```

```

rule "Insourcing Pattern"
ruleflow-group "detect-patterns"
saliency 100
when
    $p2: ProcessAdapter()
    $mainProcess: ProcessAdapter( isMainProcess(), this!=$p2)
    exists ItemAwareElementAdapter ( patternIAEBelongsTo ==null ) from
        $mainProcess.intersectReceivedFirstAndGivenResourcesWithProcess($p2)
    exists ItemAwareElementAdapter ( patternIAEBelongsTo ==null ) from
        $mainProcess.getReceivedOnlyResourcesWithProcess($p2)
then
    InsourcingPattern insourcing = new InsourcingPattern();
    insourcing.setCompanyUnderStudy($mainProcess.getParticipant());
    insourcing.setInvolvedPartner($p2.getParticipant());
    Set<ItemAwareElementAdapter> convertedResources =

```

```
$mainProcess.intersectReceivedFirstAndGivenResourcesWithProcess($p2);

for(ItemAwareElementAdapter converted : convertedResources){
    if(converted.isReceived()){
        insourcing.addReceivedResource(converted);
        update(converted);
    }
    if(converted.isGiven()){
        insourcing.addConvertedResource(converted);
        update(converted);
    }
}
insourcing.addPaymentResources(
    $mainProcess.getReceivedOnlyResourcesWithProcess($p2) );
insert(insourcing);
end
```


ANNEXE III

ÉTUDE A : QUESTIONNAIRE

Dans cette annexe, nous présentons le questionnaire que nous avons utilisé pour la validation de notre approche de construction des processus de compensation décrite dans le chapitre 4.

Le questionnaire, tel que nous le présentons ici, est une adaptation du questionnaire original qui fût administré en ligne. Ainsi, nous avisons le lecteur que cette version papier n'a jamais été utilisée dans notre étude et l'adaptation en a été faite dans le seul but de présenter le questionnaire dans ce manuscrit. Nous résumons les principales différences entre les deux versions ci-dessous :

- La modélisation des processus de compensation faite par les sujets était, dans la version originale, faite dans un éditeur BPMN. Cet éditeur permettait de vérifier la validité syntaxique des modèles et en empêcher la soumission en cas de problème. Dans cette version papier, un espace est laissé pour contenir le modèle du sujet.
- La deuxième partie du questionnaire papier requiert plus de tâches manuelles, prônes à l'erreur, de la part des sujets. En effet, il leur est demandé de recopier manuellement les activités et événements de leurs processus d'affaires dans les cases de tableaux prévues à cet effet. Dans la version en-ligne, ces informations sont extraites automatiquement depuis les modèles des participants. Outre la charge additionnelle requise dans la version papier, ceci introduit un risque d'erreur et d'oubli considérable, d'autant plus que les sujets entament la seconde partie du questionnaire plus de deux heures après le début.

Par conséquent, nous jugeons que, aux fins de répliquions de l'étude, cette version papier ne devrait pas être utilisée en raison des différents biais qu'elle introduit comparative-ment à la version en-ligne. Pour le lecteur intéressé à effectuer une répliquion externe de l'étude, il nous fera grand plaisir de fournir tout le matériel nécessaire ainsi que le support technique requis pour la mise en place du questionnaire en-ligne.

The **Business Oriented COmpensation Modeling Approach**: méthodologie et outils pour aider les analystes d'affaire dans la modélisation des processus de compensation.

Questionnaire papier

Cher participant,

Nous vous sommes très reconnaissant de nous offrir de votre temps pour ce projet de recherches. Nous sommes persuadés que vos connaissances et expertises nous seront inestimables et nous permettront d'évaluer la validité de la théorie que nous proposons.

Tout d'abord, permettez-nous de vous dire quelques mots au sujet du contexte et les objectifs de ce projet. De nos jours, de plus en plus d'organisations s'orientent vers un modèle basé sur les processus d'affaires et tentent d'établir et de modéliser leur processus tout en implémentant différentes stratégies pour les automatiser, les contrôler et les faire évoluer. Ainsi, les processus d'affaire sont souvent considérés comme des actifs de grande valeur and il est nécessaire de garantir leur qualité.

Ce projet s'inscrit dans cette grande thématique d'assurance qualité des processus d'affaires. Plus précisément, nous souhaitons offrir aux analystes d'affaire une méthodologie et des outils pour les aider à modéliser les **processus de compensation** de leurs processus d'affaires. La compensation d'un processus d'affaire définit comment rétablir un processus d'affaires dans un état antérieur suite à une erreur ayant forcé son interruption. Le rétablissement du processus se fait en *annulant* les effets pour "prétendre" qu'ils ne se sont jamais produits. Des études ont démontré que les analystes d'affaires négligent souvent la gestion d'erreurs dans leurs processus, la reléguant aux détails d'implémentation. Cependant, nous avons montré que c'est avant tout un problème d'affaires et qui se doit d'être géré par l'analyste.

En complétant ce questionnaire, vous nous fournissez votre opinion d'expert qui nous permettra d'évaluer la validité de notre approche. Sachant que votre expertise n'est probablement pas située dans les industries desquelles nos exemples (simples) de processus d'affaires ont été tirés, il vous suffira d'exercer votre bon jugement pour répondre aux questions.

De nouveau, nous vous remercions pour votre aide et espérons que vous saurez également bénéficier de cette expérience.

Anis Boubaker, candidat au Doctorat en informatique

Expérience

327

Dans cette section, nous vous posons quelques questions à propos de votre expérience. Veuillez noter que ces informations NE SERONT EN AUCUN CAS PARTAGÉES et ne seront accessibles qu'aux seuls chercheurs et étudiants-chercheurs de notre groupe de recherche.

Laquelle des catégories suivantes décrit le mieux votre situation d'emploi actuellement?

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

<input type="checkbox"/>	Employé(e), je travaille au moins 31 heure/semaine
<input type="checkbox"/>	Employé(e), je travaille moins que 30 heure/semaine
<input type="checkbox"/>	Sans emploi, à la recherche d'emploi
<input type="checkbox"/>	Sans emploi, je ne recherche PAS d'emploi
<input type="checkbox"/>	Retraité(e)
<input type="checkbox"/>	Non apte à travailler

Êtes vous actuellement aux études?

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

<input type="checkbox"/>	Oui, à plein temps
<input type="checkbox"/>	Oui, à plein partiel
<input type="checkbox"/>	Non

Expérience professionnelle

[Les questions de cette section s'adressent aux participants qui sont occupent actuellement un emploi à temps plein ou à temps partiel. Si vous n'occupez pas d'emploi présentement, veuillez passer à la section suivante, Expérience BPMN (p.8).]

Dans les questions qui suivent, veuillez **ne considérer que les activités faisant partie de votre occupation professionnelle dans votre emploi actuel OU votre emploi précédent si vous avez commencé votre emploi actuel il y a moins de deux (2) mois.**

Quel est le nom de votre employeur?

Veillez choisir, dans la liste ci-dessous, le secteur d'activité principal de votre employeur actuel. Vous pouvez choisir jusqu'à deux secteur d'activité en mettant le chiffre un (1) pour le secteur d'activité principal et le chiffre (2) pour le secteur d'activité secondaire.

Marketing
Aérospatial et défense
Agriculture et agroalimentaire
Aviation
Alcool et tabac
Vêtements et chaussures
Automobile
Banque
Biotechnologies
Câble et radiodiffusion
Biens d'investissements
Chimie de base
Chimie spécialisée
Équipements de communication
Informatique : services commerciaux
Informatique : services aux consommateurs et Internet
Informatique : matériel
Informatique : réseau
Informatique : création et maintenance de logiciels
Éducation
Équipements électriques
Environnement et Gestion des Déchets
Services Financiers
Alimentation et Boissons Non-alcoolisées
Santé: Équipements
Santé: Soins
Santé: Pharmaceutique
Santé: Produits et Fournitures
Construction
Biens Ménagers: Électroménagers
Biens Ménagers: Autres
Assurance: Vie et Santé
Assurance: Dommages et Propriété
Services d'Investissement
Produits de Loisirs
Hébergement
Métaux: Industriel

Métaux: Précieux	329
Cinéma	
Distribution de Gaz Naturel	
Pétrole et Gaz: Équipement et Services	
Pétrole et Gaz: Production et Marketing	
Papier et Produits de la forêt	
Édition	
Recherche Scientifique	
Restauration	
Vente au Détail: Général	
Vente au Détail: Spécialités	
Épargne et Crédit	
Équipements pour Semi-Conducteurs	
Semi-Conducteurs	
Supermarchés	
Télécommunications: Sans Fil	
Télécommunications: Filaire	
Transport: Commercial	
Transport: Public	
Jeux vidéo	
Autre, veuillez préciser : _____	

Quel est le titre de votre emploi actuel?

--

Parmi les tâches ci-dessous, lesquelles correspondent le plus à vos tâches professionnelles habituelles? Vous pouvez choisir jusqu'à 4 choix.

<input type="checkbox"/>	Administration et support administratif
<input type="checkbox"/>	Gestion et analyse d'affaire
<input type="checkbox"/>	Services de soins personnels
<input type="checkbox"/>	Production
<input type="checkbox"/>	Support dans la santé
<input type="checkbox"/>	Arts, design, divertissement, sports et média
<input type="checkbox"/>	Professionnel de la santé ou technicien en santé
<input type="checkbox"/>	Construction
<input type="checkbox"/>	Services sociaux ou communautaires
<input type="checkbox"/>	Agriculture, pêche, professions forestières
<input type="checkbox"/>	Éducation, formation, librairie
<input type="checkbox"/>	Vente
<input type="checkbox"/>	Informatique, mathématique

33	Recherche scientifique
	Maintenance de bâtiment
	Architecture et ingénierie
	Protective Service
	Profession juridique
	Préparation des aliments et le service personnel assimilé
	Installation, Maintenance et réparation
	Gestion d'équipe
	Profession financière
	Science de la vie, physique et sciences sociales
	Transport de personnes ou de marchandises
	Autre, veuillez préciser : _____

À ce jour, pendant combien de mois avez-vous occupé ce poste ?

--

Sur une échelle de 1 à 5 (où 1 veut dire pas important et 5 veut dire très important), quelle est l'importance de la prise de décisions d'affaire stratégiques dans vos responsabilités professionnelles actuelles?

	1
	2
	3
	4
	5

**Dans quelle mesure qualifierez-vous l'importance des tâches suivantes dans votre emploi actuel: définition, analyse et/ou réingénierie de processus d'affaires?
Utilisez l'échelle de 1-5 pour estimer l'importance de ces tâches dans vos activités quotidiennes, où 1 veut dire pas du tout important et 5 veut dire très important.**

	1
	2
	3
	4
	5

Approximativement et durant les 12 derniers mois, combien d'heures passez-vous mensuellement à travailler avec des modèle BPMN (lecture, analyse, modélisation, etc.)? 331

	Moins d'une heure
	Entre 1 heure et 5 heures
	Entre 5 heures et 20 heures
	Plus que 20 heures

Approximativement, pendant combien d'années avez-vous travaillé professionnellement dans la modélisation, l'analyse, l'ingénierie ou la réingénierie de processus d'affaires?

	Aucune
	1 an ou moins
	Entre 1 et 3 ans
	Entre 3 et 6 ans
	Plus de 6 ans

Études

[Les questions de cette section s'adressent aux participants qui sont actuellement aux études à temps plein ou à temps partiel. Si vous n'êtes pas aux études présentement, veuillez passer à la section suivante, Expérience BPMN (p.8).]

Quel diplôme espérez-vous obtenir dans le cadre de vos études actuelles?

	Diplôme d'études secondaires ou équivalent
	Diplôme d'études collégiales
	Certificat d'université
	Baccalauréat universitaire (License européenne)
	Certificat d'université de plus de 3 ans d'études
	Diplôme médical
	Diplôme d'ingénieur
	Diplôme de maîtrise (recherche et projet)
	Diplôme de doctorat
	Autre, veuillez préciser : _____

Dans le cadre de vos études, avez vous suivi un cours régulier (2 crédits ou plus) qui abordait l'analyse d'affaire, la gestion de processus d'affaires, l'ingénierie de processus d'affaires ou un thème relié, que ce soit comme sujet principal ou secondaire du cours?

<input type="checkbox"/>	Oui
<input type="checkbox"/>	Non

Dans le cadre de vos études, avez vous suivi un cours régulier (2 crédits ou plus) qui abordait la modélisation des processus d'affaire (peu importe le langage ou le formalisme), que ce soit comme sujet principal ou secondaire du cours?

<input type="checkbox"/>	Oui
<input type="checkbox"/>	Non

Dans le cadre de vos études, avez vous suivi un cours régulier (2 crédits ou plus) qui abordait la modélisation des processus d'affaire avec BPMN (spécifiquement), que ce soit comme sujet principal ou secondaire du cours?

<input type="checkbox"/>	Oui
<input type="checkbox"/>	Non

Est-ce que vos activités de recherche sont reliées ou touchent à l'analyse de processus d'affaires, la modélisation de processus d'affaires ou tout autre domaine relié aux processus d'affaires?

<input type="checkbox"/>	Oui
<input type="checkbox"/>	Non

Est-ce que, dans le cadre de vos activités de recherche, vous êtes amenés à modéliser des processus d'affaires en BPMN (spécifiquement)?

<input type="checkbox"/>	Oui
<input type="checkbox"/>	Non

Selon le modèle ci-dessus, le processus d'affaires se déclenche:

<input type="checkbox"/>	À la réception d'une commande du Participant 3
<input type="checkbox"/>	Périodiquement ou à un moment déterminé
<input type="checkbox"/>	À la demande de l'utilisateur
<input type="checkbox"/>	Quand un certain événement (d'affaires) se produit

La Tâche A du modèle BPMN, ci-dessus, est de type :

<input type="checkbox"/>	Une tâche manuelle
<input type="checkbox"/>	Une tâche qui reçoit un message de l'un des participants
<input type="checkbox"/>	Une tâche qui envoie un message à l'un des participants
<input type="checkbox"/>	Une tâche qui se déclenche dès qu'un message spécifique a été envoyé
<input type="checkbox"/>	Une tâche reliée à une règle d'affaire
<input type="checkbox"/>	Une tâche générique

La Tâche B du modèle BPMN, ci-dessus, est de type :

<input type="checkbox"/>	Une tâche manuelle
<input type="checkbox"/>	Une tâche qui reçoit un message de l'un des participants
<input type="checkbox"/>	Une tâche qui envoie un message à l'un des participants
<input type="checkbox"/>	Une tâche qui se déclenche dès qu'un message spécifique a été envoyé
<input type="checkbox"/>	Une tâche reliée à une règle d'affaire
<input type="checkbox"/>	Une tâche générique

La Tâche C du modèle BPMN, ci-dessus, est de type :

<input type="checkbox"/>	Une tâche manuelle
<input type="checkbox"/>	Une tâche qui reçoit un message de l'un des participants
<input type="checkbox"/>	Une tâche qui envoie un message à l'un des participants
<input type="checkbox"/>	Une tâche qui se déclenche dès qu'un message spécifique a été envoyé
<input type="checkbox"/>	Une tâche reliée à une règle d'affaire
<input type="checkbox"/>	Une tâche générique

Selon le modèle BPMN, ci-dessus, les Tâches E et F:

<input type="checkbox"/>	Sont exécutées séquentiellement: Tâche E est exécutée puis Tâche F
<input type="checkbox"/>	Ne peuvent s'exécuter dans la même instance (exécution) du processus: soit Tâche E est exécutée, soit Tâche F est exécutée. Ceci dépend du contexte
<input type="checkbox"/>	S'exécutent (virtuellement) au même moment

Sont deux alternatives équivalentes: le système sélectionne aléatoirement quelle tâche exécuter

Partie I: Instructions

Note concernant le niveau de détails et les minuteurs:

- Un même processus d'affaires peut être modélisé à différents niveaux de complexité et de détails dépendamment de plusieurs facteurs tels que le but du modèle (ex.: documentation, exécution, etc.), l'expertise et le rôle du modélisateur.
- Définir objectivement le niveau de détails auquel nous nous attendons serait complexe. Nous avons plutôt opté pour définir un temps de réponse suggéré pour chaque question qui implique de la modélisation. Ce temps de réponse est seulement à titre indicatif (vous pouvez prendre autant de temps que vous souhaitez pour répondre) et permet de vous indiquer, indirectement, le niveau de détails auquel nous nous attendons.

Support

- Si vous répondez au questionnaire depuis le laboratoire: À tout moment, si vous avez une question, un doute ou un problème technique, n'hésitez pas à contacter l'assistant.
- Si vous souhaitez que nous vous contactions par téléphone, veuillez nous préciser le numéro auquel nous pouvons vous joindre et le meilleur moment pour vous appeler.

Qu'est-ce que la compensation?

Dans la première partie de ce questionnaire, nous vous demanderons de modéliser des "processus de compensation" pour un processus d'affaires donné (exprimé en BPMN). Pour chaque processus de compensation, nous vous fournirons un contexte qui définit qui a déclenché l'avortement du processus d'affaires, quand est-ce que le processus s'est interrompu et pourquoi s'est-t-il interrompu. La compensation de processus d'affaires est définie ci-dessous.

Processus de compensation

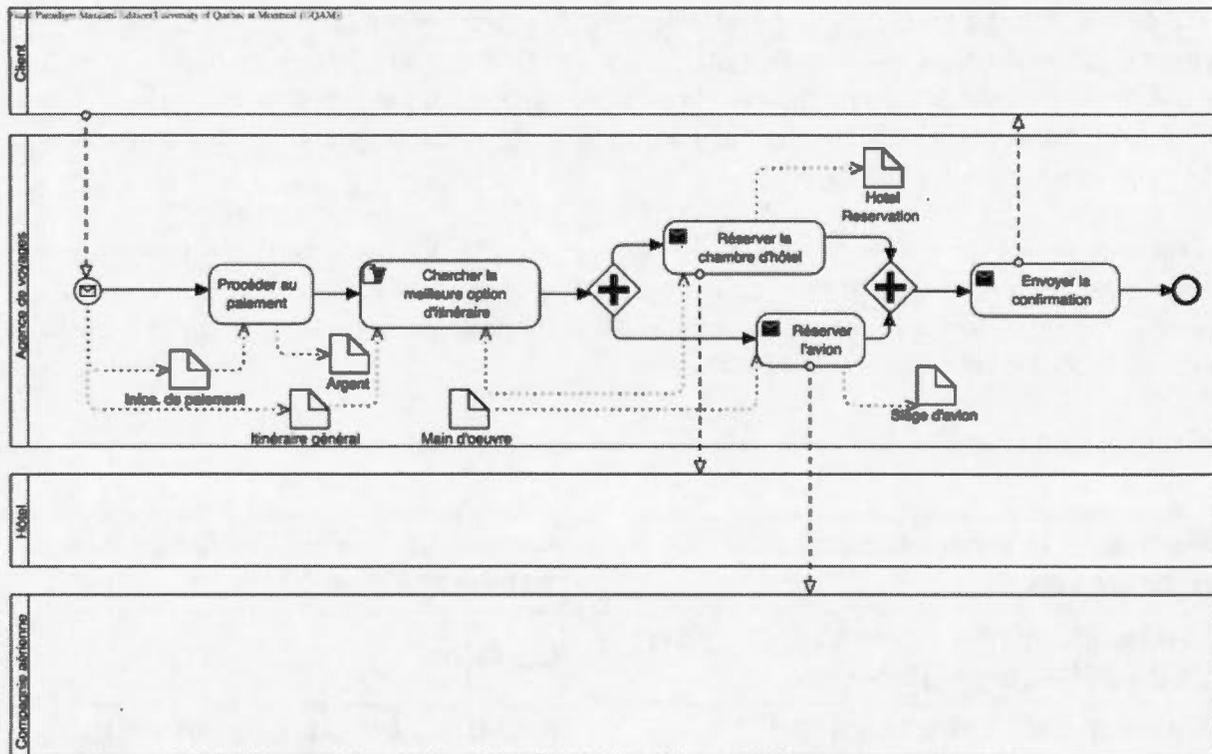
La compensation des processus d'affaires est une technique de gestion d'erreurs visant à rétablir le système dans un état convenable en annulant les effets d'une exécution particulière du processus d'affaires.

Étant donné que les processus d'affaires impliquent des biens réels et s'exécutent sur des périodes de temps relativement prolongées, les effets ne peuvent pas simplement être annulés. Par exemple, si notre processus d'affaires réserve une chambre d'hôtel et que, pour une raison ou une autre, nous devons abandonner le processus, la compensation de ce processus devrait se charger d'annuler la réservation (et prendre en charge les pénalités éventuelles).

Modéliser un processus de compensation (ou compenser un processus, pour faire court) revient à définir quelles tâches devraient être effectuées afin de renverser les effets dus à l'exécution

Exemple:

Considérons le processus de vente d'une agence de voyages illustré par le modèle BPMN ci-dessous. Le processus d'affaires commence par recevoir, de la part du client, d'une commande avec un itinéraire et les informations nécessaires au paiement de la commande. L'agence commence par procéder au paiement puis confie à un de ses agents de voyage la tâche de trouver le meilleur itinéraire pour répondre aux exigences du client. Une fois le meilleur itinéraire identifié, deux tâches sont effectuées en parallèle: la première réserve une chambre d'hôtel et la seconde se charge d'acquérir le billet d'avion. Le processus se termine après l'envoi de la confirmation au client.



Ce processus décrit le "chemin normal", à savoir le chemin que le processus d'affaire devrait suivre si tout se passait tel que prévu. Cependant, et même pour un processus aussi simple, nous pouvons facilement imaginer plusieurs erreurs pouvant se produire. Par exemple, il se peut que nous réalisons qu'aucune place d'avion ne soit disponible après que la chambre ait été réservée, que la compagnie aérienne annule un vol et offre, en remplacement, un autre vol dont l'horaire ne correspond pas au client, ou tout simplement, que le client annule sa commande à tout moment. Décider comment réagir face à ces situations implique généralement des décisions d'affaires et ces chemins alternatifs devraient être modélisés explicitement.

Pour y parvenir, nous devons parfois "défaire" ce qui a été fait lors de l'exécution du processus, partiellement ou totalement, afin de rétablir le système dans un état correct à partir duquel nous pourrions soit annuler le processus au complet (ce qui nous intéresse dans cette étude) ou le poursuivre en recherchant une autre alternative. C'est ce que nous appelons le processus de compensation.

L'exécution d'un processus d'affaires peut s'étendre pendant de longues périodes, impliquer des personnes et manipuler des biens (disponibles en quantités restreintes) qui subissent différentes altérations, voir même disparaître totalement. Ainsi, compenser un processus d'affaires implique, généralement, effectuer des activités ayant l'effet opposé des activités du "chemin normal".

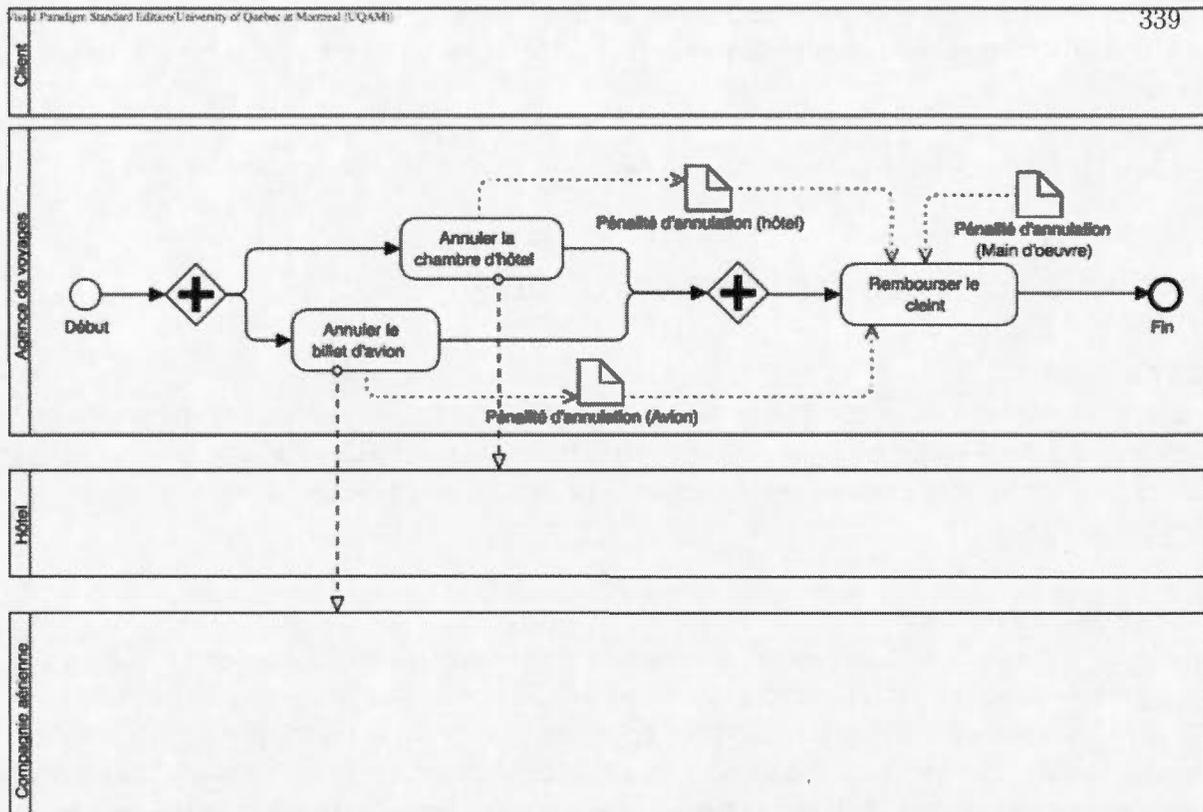
Afin d'être en mesure de compenser une exécution d'un processus d'affaires, nous devons d'abord déterminer ce qui s'est produit au moment de l'avortement du processus. Plus précisément, nous devons établir quand est-ce que le processus s'est interrompu, qui a déclenché l'interruption et pourquoi le processus a avorté. Ainsi, un processus de compensation est relatif à un contexte spécifique.

Revenons à notre exemple de l'agence de voyages et considérons une interruption s'étant produite immédiatement après que la chambre d'hôtel et le siège d'avion aient été réservés. Supposons que le client a initié l'interruption car il souhaite annuler sa commande. Le tableau de contexte, ci-dessous, résume la situation :

Tableau de contexte:

Moment d'avortement du processus	Avant la tâche "Envoyer la confirmation".
Participant du processus ayant causé l'interruption	Le client
Raison de l'interruption	Annulation de commande.

Compenser le processus d'affaires, en annulant TOUT ce qui s'est passé, doit obligatoirement inclure l'annulation des réservations et le remboursement du client. Cependant, ceci ne garantit pas la stabilité du système. En effet, même si l'annulation des réservations est possible, elle implique probablement une pénalité due à la perte de valeur des produits ayant été réservés (i.e. une chambre d'hôtel perd de la valeur plus nous nous rapprochons de la date réservée). De plus, l'agence de voyages a investi de la main d'œuvre dans l'exécution du processus. Il est ainsi essentiel de tenir compte de ces débalancements dans biens altérés ou consommés pour rétablir le système dans un état convenable. Le processus de compensation résultant est illustré dans le modèle BPMN ci-dessous.



Dans les prochaines questions du questionnaire, nous vous demanderons de modéliser de tels processus de compensation après vous avoir présenté le "chemin normal" du processus ainsi que le contexte d'interruption.

Veillez noter que, dans le cadre de ce travail, compensation nous cherchons, via la compensation, à renverser les effets du processus au complet, faisant comme si celui-ci ne s'était jamais exécuté. Ainsi, nous NE souhaitons PAS annuler le processus partiellement et n'avons pas pour but de reprendre son exécution ultérieurement.

Nous vous prions d'ignorer les politiques d'affaires généralement appliquées. Dans notre exemple d'agence de voyages, nous pourrions considérer que la main d'oeuvre investie par l'agence de voyages ne devrait pas être compensée car c'est ce qui est généralement observé. Cependant, ceci constituerait plutôt une politique mise en place par l'agence de voyages, plutôt qu'un critère objectif. Ce genre de politiques ne devraient pas être considérées, à moins qu'elles soient explicitement mentionnées.

Comme autre exemple de politiques organisationnelles à NE PAS assumer, imaginez un client qui achète un lecteur de DVD dans un grand magasin d'électronique. Si le client retourne le lecteur DVD en magasin, après l'avoir essayé pendant quelques jours, le magasin subira une "perte" s'il accepte le retour (car le produit ne peut plus être considéré comme neuf). Si vous deviez modéliser le processus de compensation pour cette situation, nous vous demandons de

considérer ces aspects (i.e. la perte engendrée sur la valeur du produit), en faisant abstraction toute règle d'affaire généralement observée qui, par exemple, permet les retours sans frais dans les 30 jours.

Vous pourrez commencer avec le premier processus d'affaires dès la prochaine section.

Introduction et Présentation du Cas d'Étude

Introduction

Dans ce questionnaire, nous considérerons un processus d'affaires simplifié. Le processus est illustré, en BPMN, ci-dessous et une description textuelle vous est fournie à la suite.

Veuillez, svp, lire attentivement et comprendre le processus avant de continuer le questionnaire.

Description du processus

Dans ce cas d'étude, nous considérons un exemple d'une *boutique à vélo* qui vend des vélos sur mesure à travers son site Internet. Le processus d'affaires, présenté dans le modèle BPMN de la page 8, présente son processus (simplifié) de commande et de livraison tel que modélisé par un analyste d'affaires. Le processus ne s'intéresse qu'au chemin processus "normal" du processus: le déroulement du processus si tout se passait comme prévu. Les paragraphes, ci-dessous, vous expliquent, pas-à-pas, le processus.

Le processus démarre suite à la réception d'une commande du client et des informations nécessaires au paiement (numéro de carte de crédit et adresse liée à la carte de crédit). La commande est ensuite vérifiée manuellement par un chargé de ventes pour confirmer que les pièces sélectionnées et les options sont compatibles (*). Au même moment, le paiement de la commande est effectué automatiquement via l'interface fournie par la banque de la boutique. Le processus se poursuit une fois ces deux tâches effectuées.

Le vélo est ensuite construit en entreprenant une suite de tâches manuelles. Tout d'abord, les pièces requises sont réservées et sorties du stock de la boutique (**). Les pièces incluent, parmi d'autres, le cadre, les roues, le guidon, la chaîne, les freins, etc. À la prochaine étape, les différentes pièces sont personnalisées selon les exigences du client. Pour l'instant, nous ne considérerons que les personnalisations superficielles telles la peinture et le collage d'étiquettes les pièces. Finalement, nous achevons de construire le vélo en assemblant les différentes pièces conformément aux exigences du client.

Ensuite, le vélo ainsi construit est expédié au client en faisant affaire avec une compagnie de transport. Dès que le produit arrive chez le client, la compagnie de transport envoie une notification à la boutique de vélos, qui, à son tour, clos le processus d'affaire avec succès. Le modèle BPMN, ci-dessus, représente les différentes informations, produits et services fournis en entrée des activités ou résultant de l'exécution des activités (modélisés comme des *objets de données* - Data Objects). Par exemple, l'activité "Réquisition des Pièces" prend une *Commande* et un ensemble de *Pièces* en entrée. Suite à l'exécution de cette activité, les différentes *Pièces*

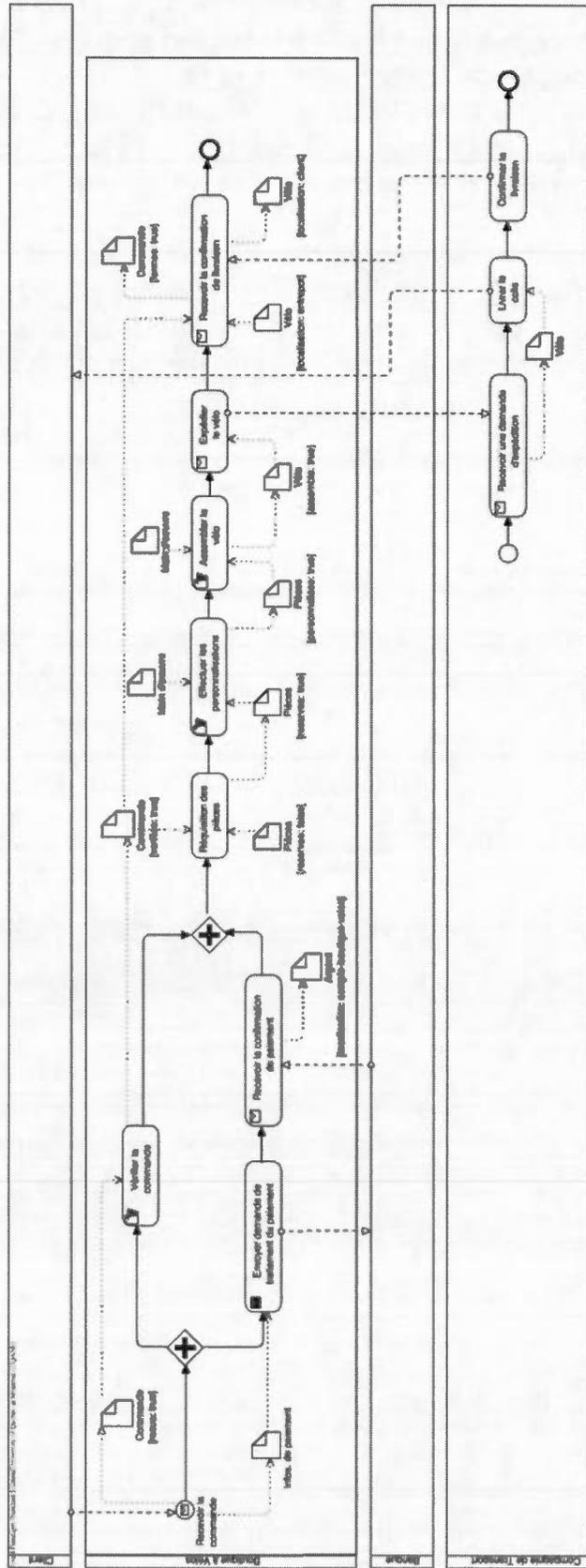
son dans un état "non-disponible" (et ne pourront donc pas être utilisées par une autre 341
exécution du processus). Nous disons que les Pièces, fournies en entrée de l'activité "Réquisition
des Pièces", ont eu leur propriété de "disponibilité" modifiée.

Dans la suite de ce questionnaire, toutes les questions seront basées sur cet exemple. Nous
vous prions donc de prendre le temps nécessaire pour bien analyser ce processus. Il n'est pas
nécessaire de se rappeler, ni d'imprimer ce processus car il vous sera fourni à chacune des
questions.

() Ceci doit être effectué manuellement car les règles de compatibilité des pièces et des options
changent sur une base quotidienne et la vérification peut être automatisée.*

*(**) afin de simplifier l'exemple, nous assumons que les pièces sont toujours en stock. Un
processus d'affaires distinct se charge du réapprovisionnement en temps opportun.*

PROCESSUS D'AFFAIRES – VENTE ET DISTRIBUTION



Tâche P1 - Modélisation de la compensation

343

Dans le contexte du processus d'affaires de la *boutique à vélos*, nous nous intéressons à une exécution particulière du processus où:

- Le processus s'était initialement terminé correctement;
- Le client a décidé, par la suite, que le vélo ne lui convenait pas et souhaite le retourner.

Nous supposerons que la *boutique à vélos* n'a pas établi de processus de retour de produits. Ainsi, nous devons compenser l'intégralité du processus d'affaires. Le tableau, ci-dessous, récapitule le contexte: (un tableau similaire vous sera présenté pour chaque question de modélisation)

Tableau de contexte:

Moment d'avortement du processus	Après la fin du processus
Participant du processus ayant causé l'interruption	Le client
Raison de l'interruption	Le client ne veut plus du produit

Veillez utiliser l'espace à la page suivante pour modéliser le processus de compensation que devrait exécuter la *boutique à vélos*, compte tenu du processus que nous vous avons présenté et de l'exception s'étant produite durant son exécution (décrite ci-dessus).

NOTE IMPORTANTE: Nous rappelons que la compensation s'intéresse uniquement à l'annulation des effets de l'exécution du processus, comme si celui-ci ne s'était jamais produit. Nous NE voulons PAS corriger l'état du processus dans le but d'en reprendre l'exécution.

Votre modèle de compensation – Modélisation de la compensation

Veillez vous assurer d'inclure toutes les entrées et les sorties des activités (que vous pouvez modéliser comme des annotations).

A large empty rectangular box with a thin black border, intended for the user to model compensation. The box is currently blank.

Auriez-vous des commentaires, à propos de votre modèle, que vous aimeriez nous communiquer?

345

Tâche P2 : Interruption de tâche

À nouveau, considérant le processus d'affaires de la *boutique à vélos*, nous nous intéressons à une exécution particulière du processus où:

- Le processus d'affaires s'est interrompu en plein milieu de la tâche "*Personnaliser les pièces*";
- Le processus a été interrompu par le client qui a décidé d'annuler sa commande.

Tableau de contexte:

Moment d'avortement du processus	Pendant la tâche: Personnaliser les pièces
Participant du processus ayant causé l'interruption	Le client
Raison de l'interruption	Annulation de commande

Veillez utiliser l'espace à la page suivante pour modéliser le processus de compensation que devrait exécuter la *boutique à vélos*, compte tenu du processus que nous vous avons présenté (voir page 17) et de l'exception s'étant produite durant son exécution (décrite ci-dessus).

NOTE IMPORTANTE: Nous rappelons que la compensation s'intéresse uniquement à l'annulation des effets de l'exécution du processus, comme si celui-ci ne s'était jamais produit. Nous NE voulons PAS corriger l'état du processus dans le but d'en reprendre l'exécution.

Votre modèle de compensation – Interruption de tâche

Veillez vous assurer d'inclure toutes les entrées et les sorties des activités (que vous pouvez modéliser comme des annotations).

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for the user to model compensation activities. The box is currently blank.

Auriez-vous des commentaires, à propos de votre modèle, que vous aimeriez nous communiquer?

347

Tâche P3 : Rappel de produit

Toujours dans le cadre du processus de la *boutique à vélos*, nous nous intéressons à l'exécution particulière où:

- Le processus s'est initialement terminé correctement;
- La *boutique à vélos* est obligée d'effectuer un rappel produit pour des raisons de sécurité (certaines des pièces ne sont pas sécuritaires).

À nouveau, nous supposons que la boutique à vélos n'a pas mis en place un processus de rappel de produits. Ainsi, le processus d'affaires doit être compensé intégralement.

Tableau de contexte:

Moment d'avortement du processus	Le processus s'est terminé
Participant du processus ayant causé l'interruption	Boutique à vélos
Raison de l'interruption	Rappel produit pour raisons de sécurité

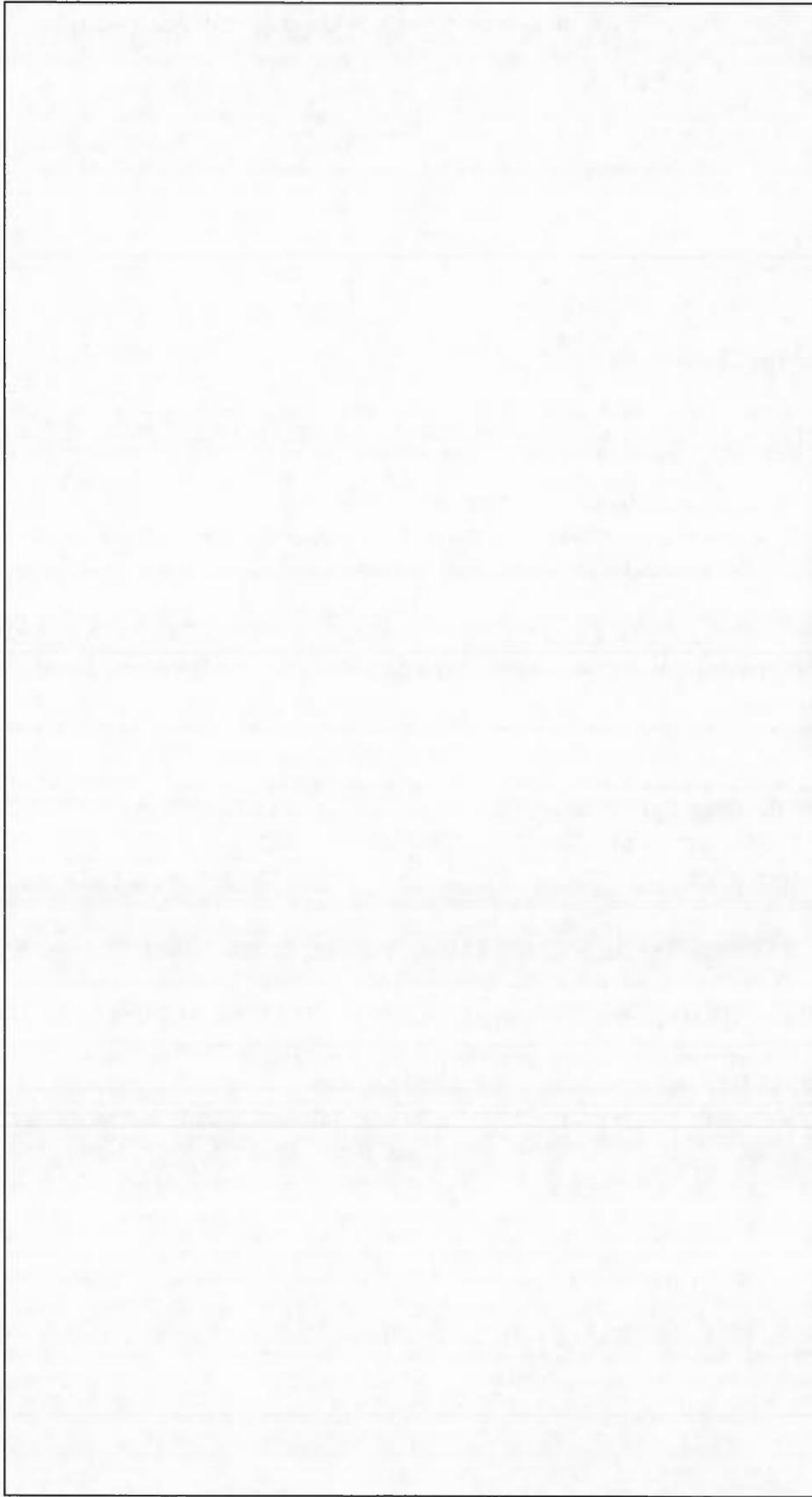
Veillez utiliser l'espace à la page suivante pour modéliser le processus de compensation que devrait exécuter la *boutique à vélos*, compte tenu du processus que nous vous avons présenté (voir page 17) et de l'exception s'étant produite durant son exécution (décrite ci-dessus).

NOTE IMPORTANTE: Nous rappelons que la compensation s'intéresse uniquement à l'annulation des effets de l'exécution du processus, comme si celui-ci ne s'était jamais produit. Nous NE voulons PAS corriger l'état du processus dans le but d'en reprendre l'exécution.

Votre modèle de compensation – Rappel de produit

348

Veillez vous assurer d'inclure toutes les entrées et les sorties des activités (que vous pouvez modéliser comme des annotations).

A large empty rectangular box with a thin black border, intended for modeling compensation activities. It occupies the central and right portions of the page.

Auriez-vous des commentaires, à propos de votre modèle, que vous aimeriez nous communiquer?

349

Tâche P4 : Approvisionnement

Nous allons maintenant nous intéresser à une version légèrement différente du processus de la *boutique à vélos*. Dans cette variante, la *boutique à vélos décide d'acheter les pièces spécialisées d'un fournisseur* (plutôt que d'adapter elle-même des pièces génériques). Le modèle BPMN de la page suivante présente cette variante du processus.

PROCESSUS D'AFFAIRES – VENTE ET DISTRIBUTION AVEC APPROVISIONNEMENT

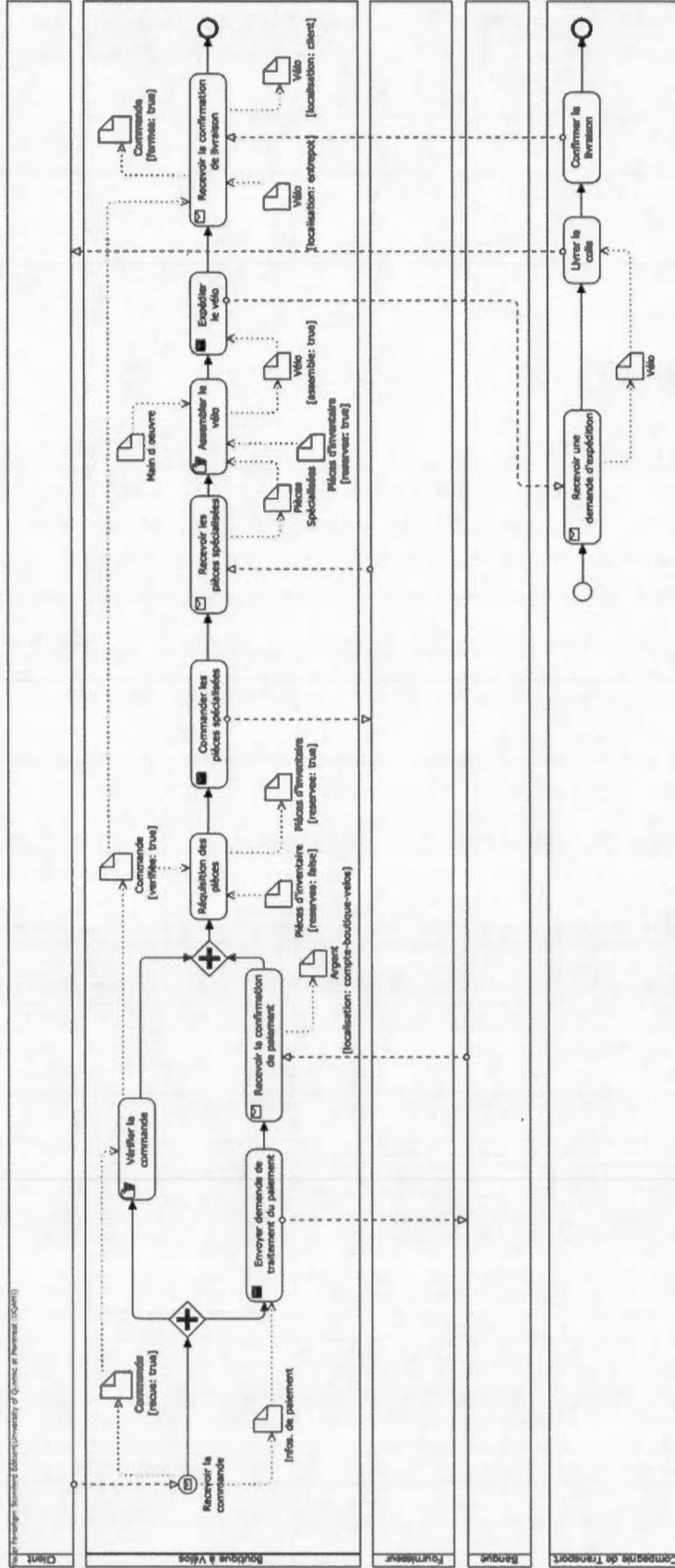


Tableau de contexte:

Moment d'avortement du processus	Le processus s'est terminé
Participant du processus ayant causé l'interruption	Le client
Raison de l'interruption	Le client ne souhaite pas conserver le produit.

À nouveau, nous supposerons que la boutique à vélos n'a pas établi un processus d'affaire spécifique pour les retours de produits. Ainsi le processus doit être compensé intégralement.

Veillez utiliser l'espace à la page suivante pour modéliser le processus de compensation que devrait exécuter la *boutique à vélos*, compte tenu du processus que nous vous avons présenté à la page précédente et de l'exception s'étant produite durant son exécution (décrite ci-dessus).

NOTE IMPORTANTE: *Nous rappelons que la compensation s'intéresse uniquement à l'annulation des effets de l'exécution du processus, comme si celui-ci ne s'était jamais produit. Nous NE voulons PAS corriger l'état du processus dans le but d'en reprendre l'exécution.*

Votre modèle de compensation – Approvisionnement

Veillez vous assurer d'inclure toutes les entrées et les sorties des activités (que vous pouvez modéliser comme des annotations).

A large, empty rectangular box with a thin black border, occupying the central and lower portion of the page. It is intended for the user to model compensation activities, including entries and exits, as instructed in the text above.

Auriez-vous des commentaires, à propos de votre modèle, que vous aimeriez nous communiquer?

353

Tâche P5 : Modification majeure

Nous revenons maintenant à notre premier modèle (i.e. pas de *Fournisseur* impliqué). Dans la description originale du processus, nous avons mentionné que les personnalisations ne font intervenir que des modifications *cosmétiques* telles que changer la couleur des pièces.

Nous nous intéressons maintenant aux cas où certaines pièces subissent des modifications plus importantes telles que des modifications structurelles, des soudures, etc. D'autres peuvent subir des modifications mineures seulement. Nous reprenons le même contexte que celui de la première question, à savoir:

Tableau de contexte:

Moment d'avortement du processus	Le processus s'est terminé
Participant du processus ayant causé l'interruption	Le client
Raison de l'interruption	Le client souhaite retourner le produit

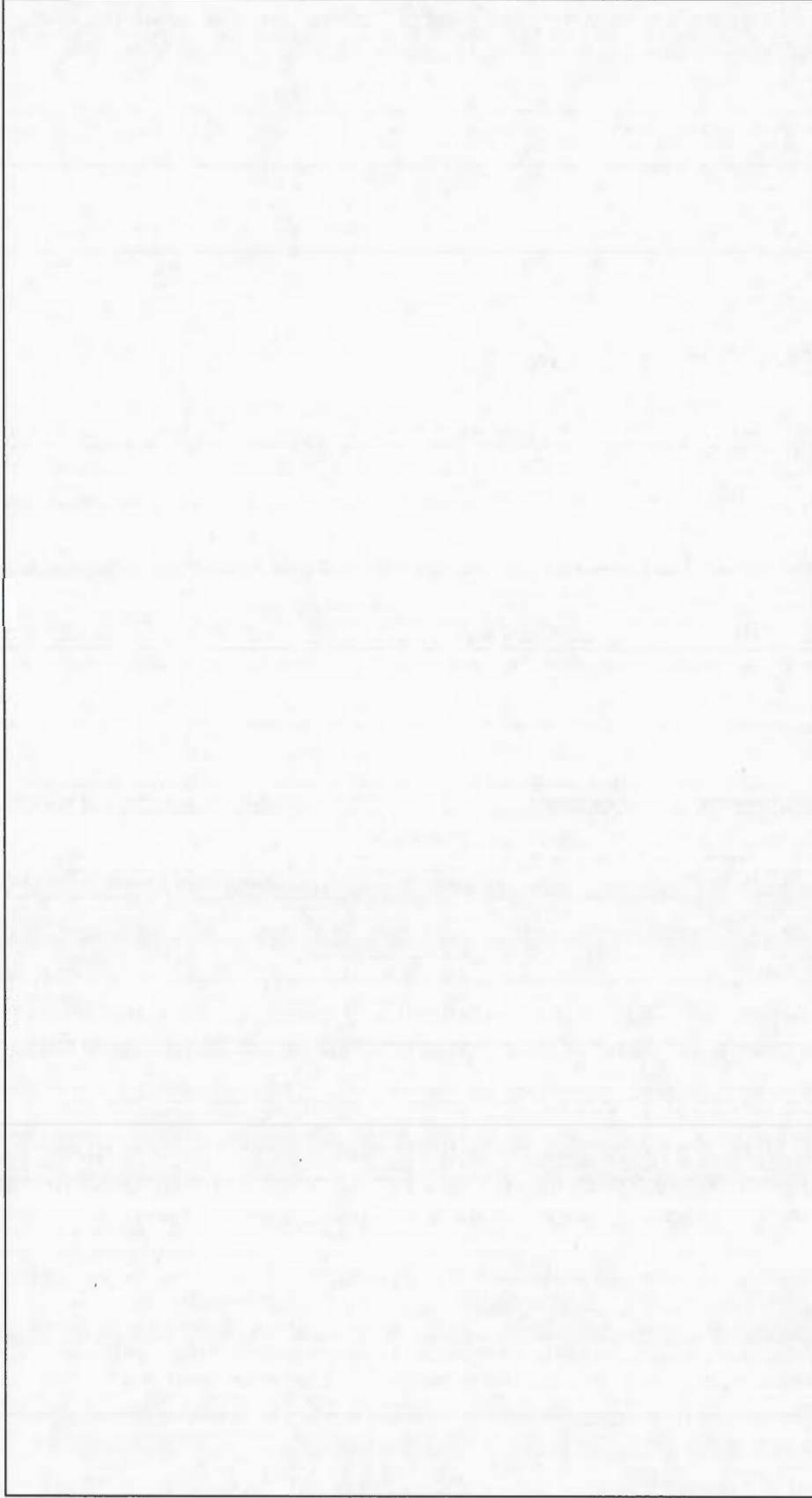
Veillez utiliser l'espace à la page suivante pour modéliser le processus de compensation que devrait exécuter la *boutique à vélos*, compte tenu du premier processus que nous vous avons présenté (voir page 17) et de l'exception s'étant produite durant son exécution (décrite ci-dessus).

NOTE IMPORTANTE: Nous rappelons que la compensation s'intéresse uniquement à l'annulation des effets de l'exécution du processus, comme si celui-ci ne s'était jamais produit. Nous NE voulons PAS corriger l'état du processus dans le but d'en reprendre l'exécution.

Votre modèle de compensation – Modification majeure

354

Veillez vous assurer d'inclure toutes les entrées et les sorties des activités (que vous pouvez modéliser comme des annotations).

A large, empty rectangular box with a thin black border, occupying the central and lower portion of the page. It is intended for the user to model compensation activities, as indicated by the text above it.

Auriez-vous des commentaires, à propos de votre modèle, que vous aimeriez nous communiquer?

Tâche P6 : Pizzeria - Mauvaise adresse

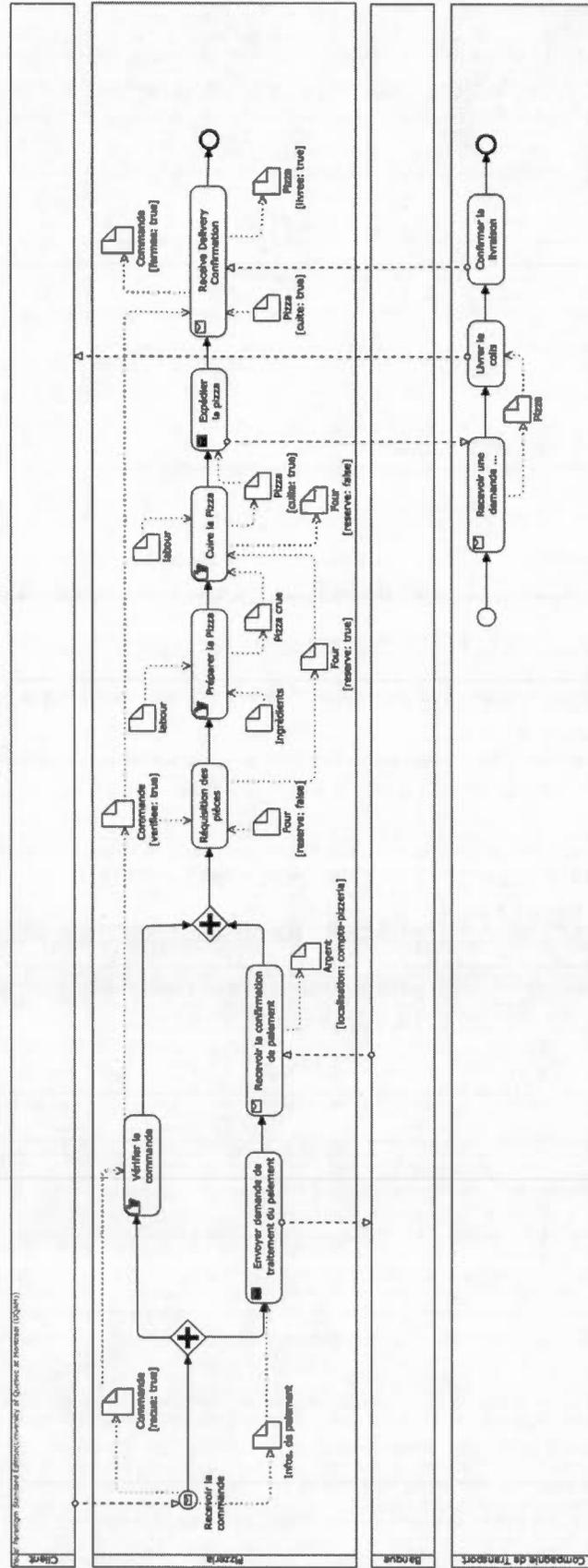
Le propriétaire de la *boutique à vélos* a décidé d'ouvrir un pizzeria dans le local d'à-côté et souhaite appliquer un modèle d'affaire analogue à sa *boutique à vélos*. Vous trouverez à la page suivante le **nouveau processus d'affaires de la Pizzeria qui a été adapté depuis le processus de la *boutique à vélos***.

Nous nous intéressons au cas où le processus doit être compensé car la *compagnie de transport* a livré le colis à la mauvaise adresse.

Tableau de contexte:

Moment d'avortement du processus	Le processus s'est terminé
Participant du processus ayant causé l'interruption	Le client (car il n'a jamais reçu sa commande)
Raison de l'interruption	Colis livré à la mauvaise adresse par la <i>Compagnie de Transport</i> .

PROCESSUS D'AFFAIRES - PIZZERIA



Veillez utiliser l'espace à la page suivante pour modéliser le processus de compensation que devrait exécuter la *boutique à vélos*, compte tenu du processus que nous vous avons présenté à la page précédente et de l'exception s'étant produite durant son exécution (décrite ci-dessus).

NOTE IMPORTANTE: *Nous rappelons que la compensation s'intéresse uniquement à l'annulation des effets de l'exécution du processus, comme si celui-ci ne s'était jamais produit. Nous NE voulons PAS corriger l'état du processus dans le but d'en reprendre l'exécution.*

Votre modèle de compensation – Pizzeria : mauvaise adresse

358

Veillez vous assurer d'inclure toutes les entrées et les sorties des activités (que vous pouvez modéliser comme des annotations).

A large empty rectangular box with a thin black border, intended for modeling compensation activities. The box is currently blank.

Auriez-vous des commentaires, à propos de votre modèle, que vous aimeriez nous communiquer?

359

Tâche P7 : Location de vélos

Souhaitant diversifier ses produits, le propriétaire de la *boutique à vélos* souhaite maintenant offrir des vélos à la location, tout en permettant à ses clients de personnaliser les vélos qu'ils louent en y ajoutant certaines pièces à partir d'une liste de pièces prédéfinie (ex.: GPS, support pour iPhone, etc.). Le parc de vélos disponibles pour la location est limité.

Le **processus adapté à cette nouvelle activité** vous est présenté à la page suivante.

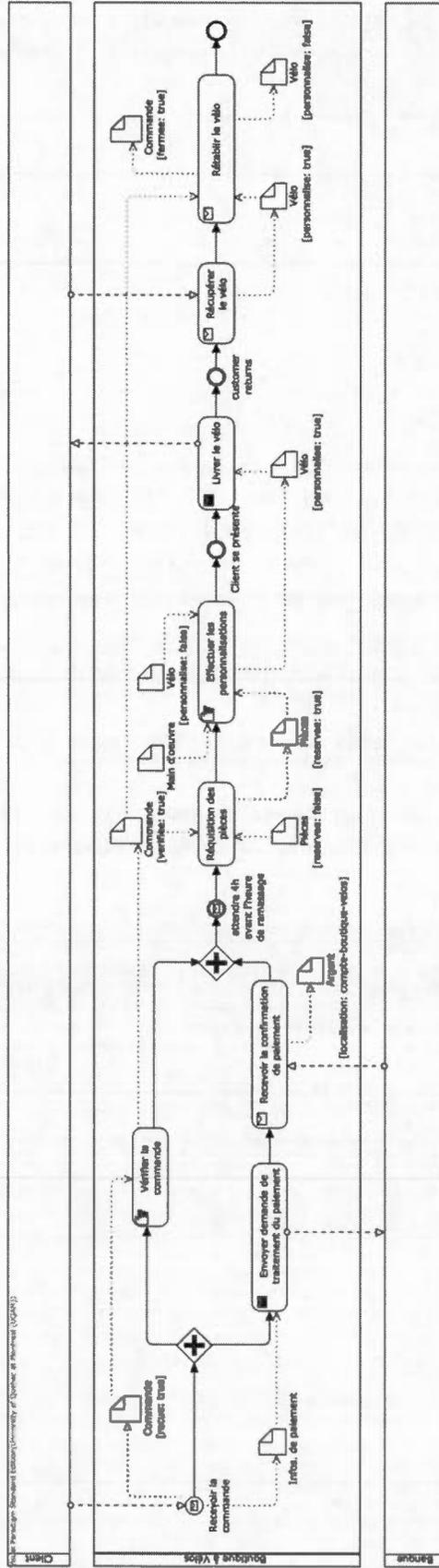
Nous souhaitons modéliser le processus de compensation pour le contexte d'exécution suivant:

- Le processus s'est interrompu au milieu l'activité "Personnaliser le vélo";
- La raison de l'avortement est l'annulation de la commande par le client.

Tableau de contexte:

Moment d'avortement du processus	Durant l'activité " <i>Personnaliser le vélo</i> "
Participant du processus ayant causé l'interruption	Le client
Raison de l'interruption	Le client a annulé sa commande.

PROCESSUS D'AFFAIRES – LOCATION DE VÉLOS SUR MESURE



Veillez utiliser l'espace à la page suivante pour modéliser le processus de compensation que devrait exécuter la *boutique à vélos*, compte tenu du processus que nous vous avons présenté à la page précédente et de l'exception s'étant produite durant son exécution (décrite ci-dessus).

NOTE IMPORTANTE: Nous rappelons que la compensation s'intéresse uniquement à l'annulation des effets de l'exécution du processus, comme si celui-ci ne s'était jamais produit. Nous NE voulons PAS corriger l'état du processus dans le but d'en reprendre l'exécution.

Votre modèle de compensation – Location de vélos

Veillez vous assurer d'inclure toutes les entrées et les sorties des activités (que vous pouvez modéliser comme des annotations).

A large empty rectangular box with a thin black border, intended for the user to model their compensation for bicycle rental. The box is currently blank.

Auriez-vous des commentaires, à propos de votre modèle, que vous aimeriez nous communiquer?

363

Partie II

Beau travail ! Vous avez terminé la partie la plus longue et la plus exigeante de ce questionnaire.

Dans cette seconde et dernière partie, nous vous demanderons de générer automatiquement les mêmes processus de compensation en utilisant un outil de génération basé sur l'approche BOCOMA. Ces processus générés automatiquement ont pour objectif de vous aider, en tant qu'analyste d'affaires, en vous fournissant une base de départ pour la modélisation des modèles de processus de compensation finaux.

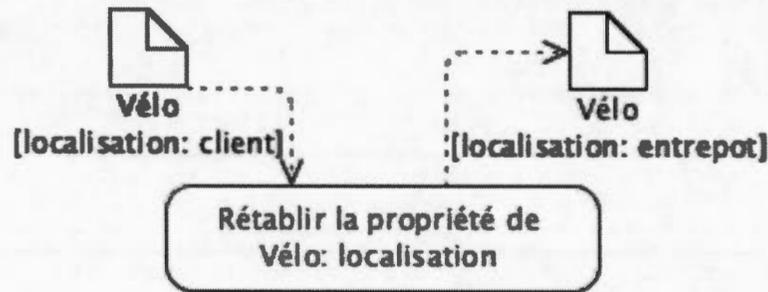
Avant d'amorcer la génération de vos processus de compensation, nous aimerions d'abord clarifier quelques termes afin que vous soyez en mesure de bien saisir le sens des modèles produits.

Terminologie

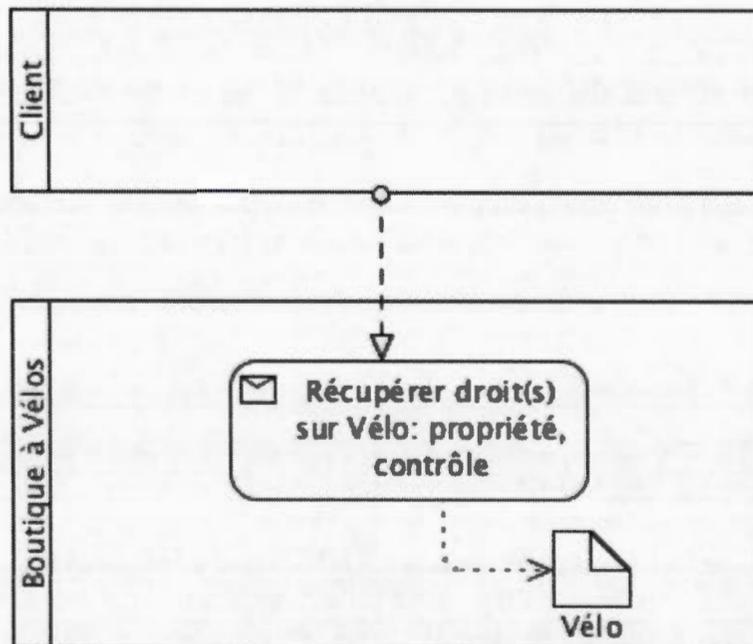
1. Propriétés d'un bien ou d'un service:

Dans l'approche BOCOMA, nous considérons que les différents produits et services impliqués dans un processus d'affaires disposent d'un ensemble de propriétés qui évoluent durant l'exécution du processus. Par exemple, dans le cas de notre *boutique à vélos*, le déplacement du vélo de l'entrepôt de la compagnie vers le domicile du client implique la modification de *la propriété de localisation* du vélo.

Afin que BOCOMA soit applicable à tout type de processus d'affaire, les activités du processus généré sont souvent intitulées relativement aux propriétés. Par exemple, un activité intitulée "*Rétablir la propriété de Vélo: localisation*" décrit, de façon générique, l'activité qu'un humain aurait appelé "Récupérer le vélo de chez le client". La propriété de *localisation* du Vélo valant initialement "*chez le client*", sa valeur se transforme en "*dans l'entrepôt*" une fois l'activité achevée. L'image ci-dessous illustre cet exemple:



De façon similaire, nous utiliserons la notion de droit sur un bien pour décrire les modifications concernant qui possède le bien (droit de *propriété*), qui peut le contrôler (droit de *contrôle*) et qui est autorisé à l'utiliser (droit d'*utilisation*). La figure, ci-dessous, illustre la situation où la *Boutique à Vélos* récupère les droits de contrôle et de propriété sur le *Vélo*:



2. Créances (CLAIM)

La notion de créance se rapporte au concept de la dette. Si un participant émet une "créance" pour un bien ou un service, cela veut dire qu'il a perdu définitivement le contrôle sur le bien ou service en question (ex: le bien a perdu sa valeur, a été consommé) et réclame être rétribué de la valeur perdue. Dans les processus de compensation générés, vous verrez des créances (CLAIM) produites par les activités de compensation. Ces créances seront menées à être réglées ultérieurement, ce qui veut dire, en quelque sorte, qu'un des participant "va payer sa dette".

Une fois qu'une créance a été émise (i.e. une dette), elles sont réglées en recevant un bien en retour. Bien que ceci soit généralement un paiement monétaire, il se peut qu'un autre type de bien ou service soit fourni en échange (un bon, une entente contractuelle, etc.). Ainsi, pour que l'approche BOCOMA conserve son caractère générique, nous utilisons le terme "Ressource Anonyme" pour désigner ces biens ou services reçues ou fournies par un participant au processus et pour lesquels nous ne disposons pas de suffisamment d'information pour en déterminer la nature.

ATTENTION: Dès que vous commencerez les exercices ci-dessous, nous vous demanderons de ne plus modifier les processus que vous avez modélisés aux sections précédentes. Si vous souhaitez modifier vos modèles, veuillez le faire maintenant, avant d'avancer à la prochaine section.

MP1 : Matching de la tâche P1 – Modélisation de la compensation

Nous souhaitons générer le processus de compensation pour processus d'affaires de boutique à vélos dans le contexte d'exécution suivant.

Tableau de contexte:

Moment d'avortement du processus	Après la fin du processus
Participant du processus ayant causé l'interruption	Le client
Raison de l'interruption	Le client souhaite retourner le produit

Évaluation de la solution automatique:

367

Sur une échelle de 1 à 5, veuillez évaluer la pertinence de chacun des éléments du processus de compensation généré automatiquement. Une valeur de 1 signifie que l'élément n'est absolument pas pertinent (devrait être supprimé du modèle) et une valeur de 5 signifie que l'élément est très pertinent (doit absolument être conservé).

RAPPEL: Dans ce travail, nous NE considérons NI les règles d'affaires généralement observées (ex.: politiques de retour généreuses), NI la correction de l'état du processus pour en assurer la reprise.

Activités de compensation	Pertinence				
	1	2	3	4	5
Récupérer droits sur vélo					
Fournir vélo pour rétablir propriété (localisation)					
Émettre une créance services de compagnie de transport					
Recevoir la confirmation de propriété rétablie					
Défaire : assembler le vélo					
Rétablir propriété de pièces : personnalisée					
Rétablir propriété de pièces : réservée					
Émettre une créance pour services de banque					
Fournir argent pour rétablir propriété : localisation					
Recevoir confirmation pour propriété rétablie pour argent : localisation					
Réclamer le règlement des créances					
Recevoir le règlement des créances					

Globalement et sans égard à la solution que vous avez proposée, dans quelle mesure considérez-vous que le processus de compensation généré permet de compenser et rétablir correctement le processus d'affaires dans son état initial?

	1 : le processus de compensation généré ne permet pas de compenser le processus selon le contexte décrit, et ce même partiellement
	2
	3
	4
	5 : le processus de compensation généré permet de compenser le processus parfaitement selon le contexte décrit

Si vous avez donné une note de 1, 2, 3 ou 4 à la question précédente : Veuillez, svp, préciser pourquoi vous pensez que le processus de compensation généré ne compense pas correctement le processus d'affaires selon le contexte d'exécution décrit.

Correspondances avec les solutions générées automatiquement et manuellement

Nous aimerions savoir si les éléments du processus généré automatiquement peuvent correspondre à un ou plusieurs éléments de votre modèle conçu manuellement.

Pour commencer, à la page suivante, veuillez recopier dans la colonne du centre (Activités de votre processus) les activités qui se trouvent dans le processus de compensation que vous avez modélisé (p.18).

Vous devez ensuite indiquer par une flèche les correspondances les plus proches entre chacune des activités du processus généré automatiquement et chacune des activités du processus que vous avez modélisé, et vice-versa. Il devrait donc y avoir des flèches qui relient chacune des activités de la colonne de gauche à l'une ou l'autre des activités de la colonne du centre, ET des flèches qui relient chacune des activités de la colonne du centre à l'une ou l'autre des activités de la colonne de droite.

Si aucun élément ne correspond, veuillez relier les activités concernées à l'une ou l'autre des options « Aucune correspondance trouvée » (en gris, au bas du tableau).

Vous devez noter que vous pouvez faire correspondre un même élément à plusieurs autres éléments.

Activités du processus généré automatiquement
Récupérer droits sur vélo
Fournir vélo pour rétablir propriété (localisation)
Émettre une créance services de compagnie de transport
Recevoir la confirmation de propriété rétablie
Défaire : assembler le vélo
Rétablir propriété de pièces : personnalisée
Rétablir propriété de pièces : réservée
Émettre une créance pour services de banque
Fournir argent pour rétablir propriété : localisation
Recevoir confirmation pour propriété rétablie pour argent : localisation
Réclamer le règlement des créances
Recevoir le règlement des créances

Activités de votre processus
Aucune correspondance, mais je pense que ce n'est pas nécessaire qu'il y en aie
Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été bien qu'il y en aie
Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été nécessaire d'y en avoir

Activités du processus généré automatiquement	370
Récupérer droits sur vélo	
Fournir vélo pour rétablir propriété (localisation)	
Émettre une créance services de compagnie de transport	
Recevoir la confirmation de propriété rétablie	
Défaire : assembler le vélo	
Rétablir propriété de pièces : personnalisée	
Rétablir propriété de pièces : réservée	
Émettre une créance pour services de banque	
Fournir argent pour rétablir propriété : localisation	
Recevoir confirmation pour propriété rétablie pour argent : localisation	
Réclamer le règlement des créances	
Recevoir le règlement des créances	
Aucune correspondance, mais je pense que ce n'est pas nécessaire qu'il y en aie	
Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été bien qu'il y en aie	
Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été nécessaire d'y en avoir	

Nous vous prions de mentionner, ci-dessous, tout commentaire qui serait susceptible de nous aider à mieux comprendre vos réponses et vos opinions.

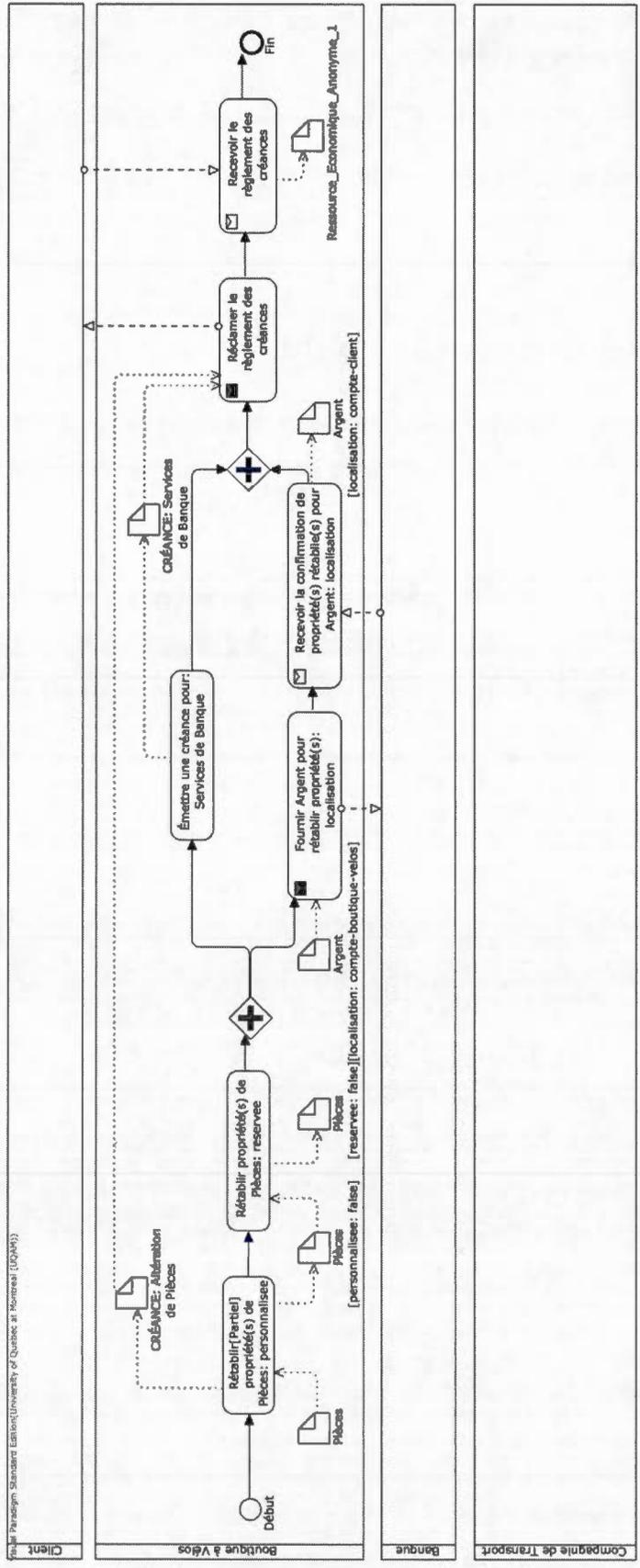
MP2 : Matching de la tâche P2 – Interruption de la tâche

Nous souhaitons générer le processus de compensation pour processus d'affaires de boutique à vélos dans le contexte d'exécution suivant.

Tableau de contexte:

Moment d'avortement du processus	Pendant la tâche: Effectuer les personnalisations
Participant du processus ayant causé l'interruption	Le client
Raison de l'interruption	Annulation de la commande

Voici le processus de compensation généré automatiquement selon notre approche.



Veillez vous référer à la p.20 pour visualiser le processus que vous avez modélisé.

Évaluation de la solution automatique:

373

Sur une échelle de 1 à 5, veuillez évaluer la pertinence de chacun des éléments du processus de compensation généré automatiquement. Une valeur de 1 signifie que l'élément n'est absolument pas pertinent (devrait être supprimé du modèle) et une valeur de 5 signifie que l'élément est très pertinent (doit absolument être conservé).

RAPPEL: Dans ce travail, nous NE considérons NI les règles d'affaires généralement observées (ex.: politiques de retour généreuses), NI la correction de l'état du processus pour en assurer la reprise.

Activités de compensation	Pertinence				
	1	2	3	4	5
Rétablir (partiel) propriétés de pièces : personnalisée					
Rétablir propriété de pièces : réservée					
Émettre une créance pour services de banque					
Fournir argent pour rétablir propriété : localisation					
Recevoir confirmation pour propriété rétablie pour argent : localisation					
Réclamer le règlement des créances					
Recevoir le règlement des créances					

Globalement et sans égard à la solution que vous avez proposée, dans quelle mesure considérez-vous que le processus de compensation généré permet de compenser et rétablir correctement le processus d'affaires dans son état initial?

1 : le processus de compensation généré ne permet pas de compenser le processus selon le contexte décrit, et ce même partiellement
2
3
4
5 : le processus de compensation généré permet de compenser le processus parfaitement selon le contexte décrit

Si vous avez donné une note de 1, 2, 3 ou 4 à la question précédente : Veuillez, svp, préciser pourquoi vous pensez que le processus de compensation généré ne compense pas correctement le processus d'affaires selon le contexte d'exécution décrit.

Correspondances avec les solutions générées automatiquement et manuellement

Nous aimerions savoir si les éléments du processus généré automatiquement peuvent correspondre à un ou plusieurs éléments de votre modèle conçu manuellement.

Veillez indiquer ces correspondances à l'aide de flèches, tel que vous l'avez fait pour la tâche précédente (au besoin, vous pouvez vous référer aux instructions de la p.43).

Activités du processus généré automatiquement
Rétablir (partiel) propriétés de pièces : personnalisée
Rétablir propriété de pièces : réservée
Émettre une créance pour services de banque
Fournir argent pour rétablir propriété : localisation
Recevoir confirmation pour propriété rétablie pour argent : localisation
Réclamer le règlement des créances
Recevoir le règlement des créances

Activités de votre processus
Aucune correspondance, mais je pense que ce n'est pas nécessaire qu'il y en aie
Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été bien qu'il y en aie
Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été nécessaire d'y en avoir

Activités du processus généré automatiquement
Rétablir (partiel) propriétés de pièces : personnalisée
Rétablir propriété de pièces : réservée
Émettre une créance pour services de banque
Fournir argent pour rétablir propriété : localisation
Recevoir confirmation pour propriété rétablie pour argent : localisation
Réclamer le règlement des créances
Recevoir le règlement des créances
Aucune correspondance, mais je pense que ce n'est pas nécessaire qu'il y en aie
Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été bien qu'il y en aie
Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été nécessaire d'y en avoir

076
Nous vous prions de mentionner, ci-dessous, tout commentaire qui serait susceptible de nous aider à mieux comprendre vos réponses et vos opinions.

--

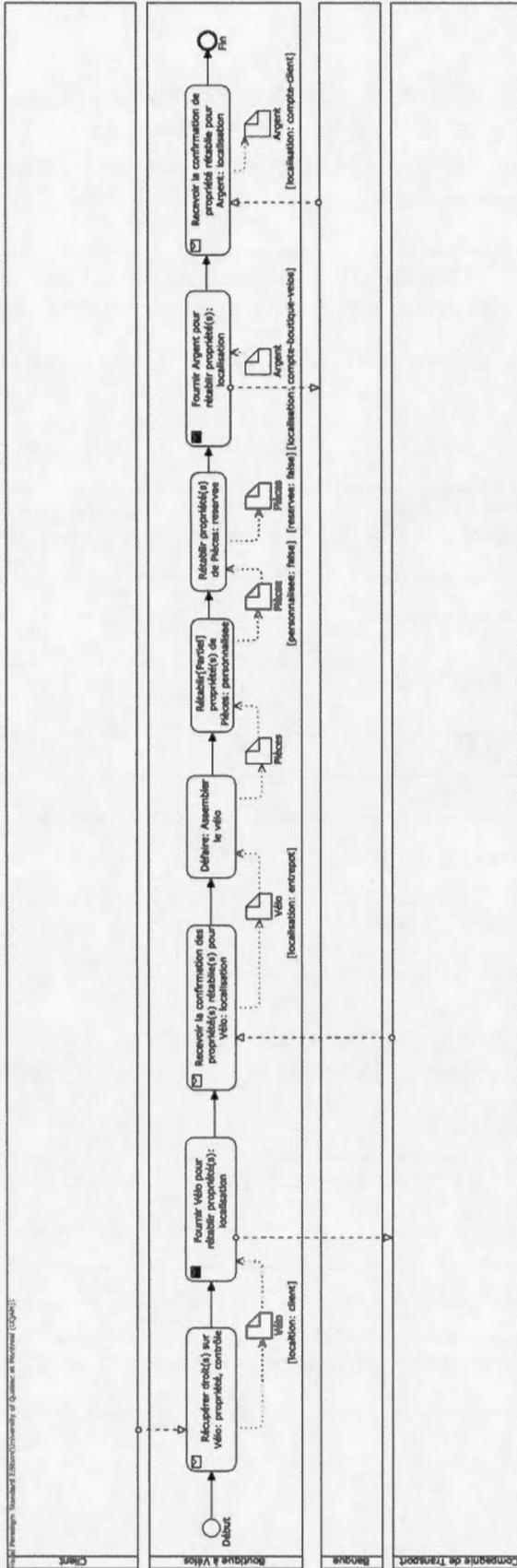
MP3 : Matching de la tâche P3 – Rappel de produit

Nous souhaitons générer le processus de compensation pour processus d'affaires de boutique à vélos dans le contexte d'exécution suivant.

Tableau de contexte:

Moment d'avortement du processus	Le processus s'est terminé
Participant du processus ayant causé l'interruption	Boutique à vélos
Raison de l'interruption	Rappel de produit pour raisons de sécurité

Voici le processus de compensation généré automatiquement selon notre approche.



Veillez vous référer à la p.22 pour visualiser le processus que vous avez modélisé.

Évaluation de la solution automatique:

Sur une échelle de 1 à 5, veuillez évaluer la pertinence de chacun des éléments du processus de compensation généré automatiquement. Une valeur de 1 signifie que l'élément n'est absolument pas pertinent (devrait être supprimé du modèle) et une valeur de 5 signifie que l'élément est très pertinent (doit absolument être conservé).

RAPPEL: Dans ce travail, nous NE considérons NI les règles d'affaires généralement observées (ex.: politiques de retour généreuses), NI la correction de l'état du processus pour en assurer la reprise.

Activités de compensation	Pertinence				
	1	2	3	4	5
Récupérer droits sur vélo : propriété, contrôle					
Fournir vélo pour rétablir propriété : localisation					
Recevoir confirmation pour propriété rétablie pour vélo : localisation					
Défaire : assembler vélo					
Rétablir (partiel) propriétés de pièces : personnalisée					
Rétablir propriétés de pièces : réservée					
Fournir argent pour rétablir propriété : localisation					
Recevoir confirmation pour propriété rétablie pour argent : localisation					

Globalement et sans égard à la solution que vous avez proposée, dans quelle mesure considérez-vous que le processus de compensation généré permet de compenser et rétablir correctement le processus d'affaires dans son état initial?

1 : le processus de compensation généré ne permet pas de compenser le processus selon le contexte décrit, et ce même partiellement
2
3
4
5 : le processus de compensation généré permet de compenser le processus parfaitement selon le contexte décrit

Si vous avez donné une note de 1, 2, 3 ou 4 à la question précédente : Veuillez, svp, préciser pourquoi vous pensez que le processus de compensation généré ne compense pas correctement le processus d'affaires selon le contexte d'exécution décrit.

Correspondances avec les solutions générées automatiquement et manuellement

Nous aimerions savoir si les éléments du processus généré automatiquement peuvent correspondre à un ou plusieurs éléments de votre modèle conçu manuellement.

À la page suivante, veuillez indiquer ces correspondances à l'aide de flèches, tel que vous l'avez fait pour la tâche précédente (au besoin, vous pouvez vous référer aux instructions de la p.43).

Activités du processus généré automatiquement	Activités de votre processus	Activités du processus généré automatiquement
Récupérer droits sur vélo : propriété, contrôle		Récupérer droits sur vélo : propriété, contrôle
Fournir vélo pour rétablir propriété : localisation		Fournir vélo pour rétablir propriété : localisation
Recevoir confirmation pour propriété rétablie pour vélo: localisation		Recevoir confirmation pour propriété rétablie pour vélo: localisation
Défaire : assembler vélo		Défaire : assembler vélo
Rétablir (partiel) propriétés de pièces : personnalisée		Rétablir (partiel) propriétés de pièces : personnalisée
Rétablir propriétés de pièces : réservée		Rétablir propriétés de pièces : réservée
Fournir argent pour rétablir propriété : localisation		Fournir argent pour rétablir propriété : localisation
Recevoir confirmation pour propriété rétablie pour argent : localisation		Recevoir confirmation pour propriété rétablie pour argent : localisation
	Aucune correspondance, mais je pense que ce n'est pas nécessaire qu'il y en aie	Aucune correspondance, mais je pense que ce n'est pas nécessaire qu'il y en aie
	Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été bien qu'il y en aie	Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été bien qu'il y en aie
	Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été nécessaire d'y en avoir	Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été nécessaire d'y en avoir

82
Nous vous prions de mentionner, ci-dessous, tout commentaire qui serait susceptible de nous aider à mieux comprendre vos réponses et vos opinions.

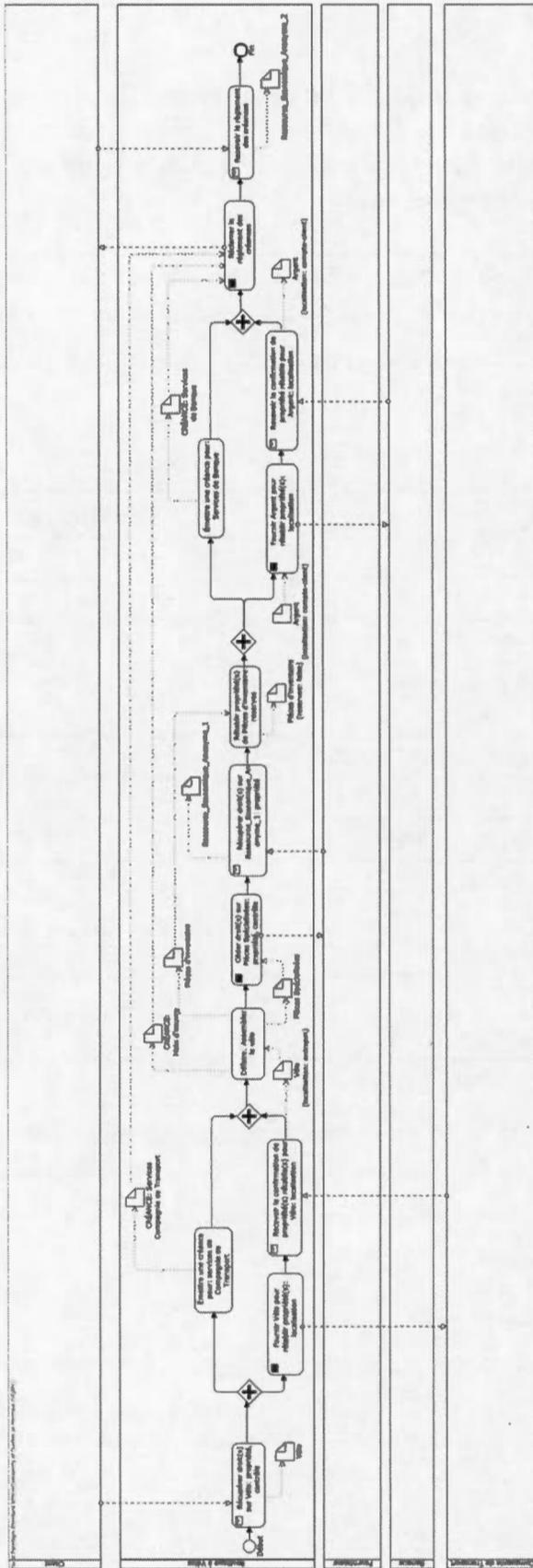
MP4 : Matching de la tâche P4 – Approvisionnement

Nous souhaitons générer le processus de compensation pour processus d'affaires de boutique à vélos dans le contexte d'exécution suivant.

Tableau de contexte:

Moment d'avortement du processus	Le processus s'est terminé
Participant du processus ayant causé l'interruption	Le client
Raison de l'interruption	Le client souhaite retourner le produit

Voici le processus de compensation généré automatiquement selon notre approche.



Veillez vous référer à la p.26 pour visualiser le processus que vous avez modélisé.

Évaluation de la solution automatique:

Sur une échelle de 1 à 5, veuillez évaluer la pertinence de chacun des éléments du processus de compensation généré automatiquement. Une valeur de 1 signifie que l'élément n'est absolument pas pertinent (devrait être supprimé du modèle) et une valeur de 5 signifie que l'élément est très pertinent (doit absolument être conservé).

RAPPEL: Dans ce travail, nous NE considérons NI les règles d'affaires généralement observées (ex.: politiques de retour généreuses), NI la correction de l'état du processus pour en assurer la reprise.

Activités de compensation	Pertinence				
	1	2	3	4	5
Récupérer droits sur vélo : propriété, contrôle					
Fournir vélo pour rétablir propriété : localisation					
Recevoir confirmation pour propriété rétablie pour vélo : localisation					
Émettre une créance pour : services de compagnie de transport					
Défaire : assembler vélo					
Céder droits sur pièces spécialisées : propriété, contrôle					
Récupérer droit sur Ressource_économique_Anonyme_1 : propriété					
Rétablir propriétés de pièces d'inventaire : réservée					
Émettre une créance pour services de banques					
Fournir argent pour rétablir propriété : localisation					
Recevoir confirmation pour propriété rétablie pour argent : localisation					
Réclamer le règlement des créances					
Recevoir le règlement des créances					

Globalement et sans égard à la solution que vous avez proposée, dans quelle mesure considérez-vous que le processus de compensation généré permet de compenser et rétablir correctement le processus d'affaires dans son état initial? 385

	1 : le processus de compensation généré ne permet pas de compenser le processus selon le contexte décrit, et ce même partiellement
	2
	3
	4
	5 : le processus de compensation généré permet de compenser le processus parfaitement selon le contexte décrit

Si vous avez donné une note de 1, 2, 3 ou 4 à la question précédente : Veuillez, svp, préciser pourquoi vous pensez que le processus de compensation généré ne compense pas correctement le processus d'affaires selon le contexte d'exécution décrit.

--

Correspondances avec les solutions générées automatiquement et manuellement

Nous aimerions savoir si les éléments du processus généré automatiquement peuvent correspondre à un ou plusieurs éléments de votre modèle conçu manuellement.

À la page suivante, veuillez indiquer ces correspondances à l'aide de flèches, tel que vous l'avez fait pour la tâche précédente (au besoin, vous pouvez vous référer aux instructions de la p.43).

Activités du processus généré automatiquement
Récupérer droits sur vélo : propriété, contrôle
Fournir vélo pour rétablir propriété : localisation
Recevoir confirmation pour propriété rétablie pour vélo: localisation
Émettre une créance pour : services de compagnie de transport
Défaire : assembler vélo
Céder droits sur pièces spécialisées : propriété, contrôle
Récupérer droit sur Ressource_économique_Anonyme_1 : propriété
Rétablir propriétés de pièces d'inventaire : réservée
Émettre une créance pour services de banques
Fournir argent pour rétablir propriété : localisation
Recevoir confirmation pour propriété rétablie pour argent : localisation
Réclamer le règlement des créances
Recevoir le règlement des créances

Activités de votre processus
Aucune correspondance, mais je pense que ce n'est pas nécessaire qu'il y en aie

Activités du processus généré automatiquement
Récupérer droits sur vélo : propriété, contrôle
Fournir vélo pour rétablir propriété : localisation
Recevoir confirmation pour propriété rétablie pour vélo: localisation
Défaire : assembler vélo
Rétablir (partiel) propriétés de pièces : personnalisée
Rétablir propriétés de pièces : réservée
Fournir argent pour rétablir propriété : localisation
Recevoir confirmation pour propriété rétablie pour argent : localisation
Émettre une créance pour services de banques
Fournir argent pour rétablir propriété : localisation
Recevoir confirmation pour propriété rétablie pour argent : localisation
Réclamer le règlement des créances
Recevoir le règlement des créances
Aucune correspondance, mais je pense que ce n'est pas nécessaire qu'il y en aie

Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été bien qu'il y en aie

Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été nécessaire d'y en avoir

Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été bien qu'il y en aie

Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été nécessaire d'y en avoir

Nous vous prions de mentionner, ci-dessous, tout commentaire qui serait susceptible de nous aider à mieux comprendre vos réponses et vos opinions.

MP5 : Matching de la tâche P5 – Modification majeure

Nous souhaitons générer le processus de compensation pour processus d'affaires de boutique à vélos dans le contexte d'exécution suivant.

Tableau de contexte:

Moment d'avortement du processus	Le processus s'est terminé
Participant du processus ayant causé l'interruption	Le client
Raison de l'interruption	Le client souhaite retourner le produit

Évaluation de la solution automatique:

391

Sur une échelle de 1 à 5, veuillez évaluer la pertinence de chacun des éléments du processus de compensation généré automatiquement. Une valeur de 1 signifie que l'élément n'est absolument pas pertinent (devrait être supprimé du modèle) et une valeur de 5 signifie que l'élément est très pertinent (doit absolument être conservé).

RAPPEL: Dans ce travail, nous NE considérons NI les règles d'affaires généralement observées (ex.: politiques de retour généreuses), NI la correction de l'état du processus pour en assurer la reprise.

Activités de compensation	Pertinence				
	1	2	3	4	5
Récupérer les droits sur le vélo : propriété, contrôle					
Fournir vélo pour rétablir propriété : localisation					
Émettre une créance pour : services de compagnie de transport					
Recevoir la confirmation propriété rétablie pour vélo : localisation					
Défaire : assembler le vélo					
Émettre une créance pour : pièces modifiées					
Rétablir (partiel) la propriété de pièces : personnalisée					
Rétablir la propriété de pièces : réservée					
Émettre une créance pour : services de banque					
Fournir argent pour rétablir propriétés : localisation					
Recevoir la confirmation de propriété rétablie pour argent : localisation					
Réclamer le règlement des créances					
Recevoir le règlement des créances					

Globalement et sans égard à la solution que vous avez proposée, dans quelle mesure considérez-vous que le processus de compensation généré permet de compenser et rétablir correctement le processus d'affaires dans son état initial?

	1 : le processus de compensation généré ne permet pas de compenser le processus selon le contexte décrit, et ce même partiellement
	2
	3
	4
	5 : le processus de compensation généré permet de compenser le processus parfaitement selon le contexte décrit

Si vous avez donné une note de 1, 2, 3 ou 4 à la question précédente : Veuillez, svp, préciser pourquoi vous penser que le processus de compensation généré ne compense pas correctement le processus d'affaires selon le contexte d'exécution décrit.

--

Correspondances avec les solutions générées automatiquement et manuellement

Nous aimerions savoir si les éléments du processus généré automatiquement peuvent correspondre à un ou plusieurs éléments de votre modèle conçu manuellement.

Veillez indiquer ces correspondances à l'aide de flèches, tel que vous l'avez fait pour la tâche précédente (au besoin, vous pouvez vous référer aux instructions de la p.43).

Activités du processus généré automatiquement
Récupérer les droits sur le vélo : propriété, contrôle
Fournir vélo pour rétablir propriété : localisation
Émettre une créance pour : services de compagnie de transport
Recevoir la confirmation propriété rétablie pour vélo : localisation
Défaire : assembler le vélo
Émettre une créance pour : pièces modifiées
Rétablir (partiel) la propriété de pièces : personnalisée
Rétablir la propriété de pièces : réservée
Émettre une créance pour : services de banque
Fournir argent pour rétablir propriétés : localisation
Recevoir la confirmation de propriété rétablie pour argent : localisation

Activités de votre processus

Activités du processus généré automatiquement
Récupérer les droits sur le vélo : propriété, contrôle
Fournir vélo pour rétablir propriété : localisation
Émettre une créance pour : services de compagnie de transport
Recevoir la confirmation propriété rétablie pour vélo : localisation
Défaire : assembler le vélo
Émettre une créance pour : pièces modifiées
Rétablir (partiel) la propriété de pièces : personnalisée
Rétablir la propriété de pièces : réservée
Émettre une créance pour : services de banque
Fournir argent pour rétablir propriétés : localisation
Recevoir la confirmation de propriétés ³³ rétablie pour argent : localisation

Réclamer le règlement des créances
Recevoir le règlement des créances

Aucune correspondance, mais je pense que ce n'est pas nécessaire qu'il y en aie
Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été bien qu'il y en aie
Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été nécessaire d'y en avoir

Réclamer le règlement des créances
Recevoir le règlement des créances
Aucune correspondance, mais je pense que ce n'est pas nécessaire qu'il y en aie
Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été bien qu'il y en aie
Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été nécessaire d'y en avoir

Nous vous prions de mentionner, ci-dessous, tout commentaire qui serait susceptible de nous aider à mieux comprendre vos réponses et vos opinions.

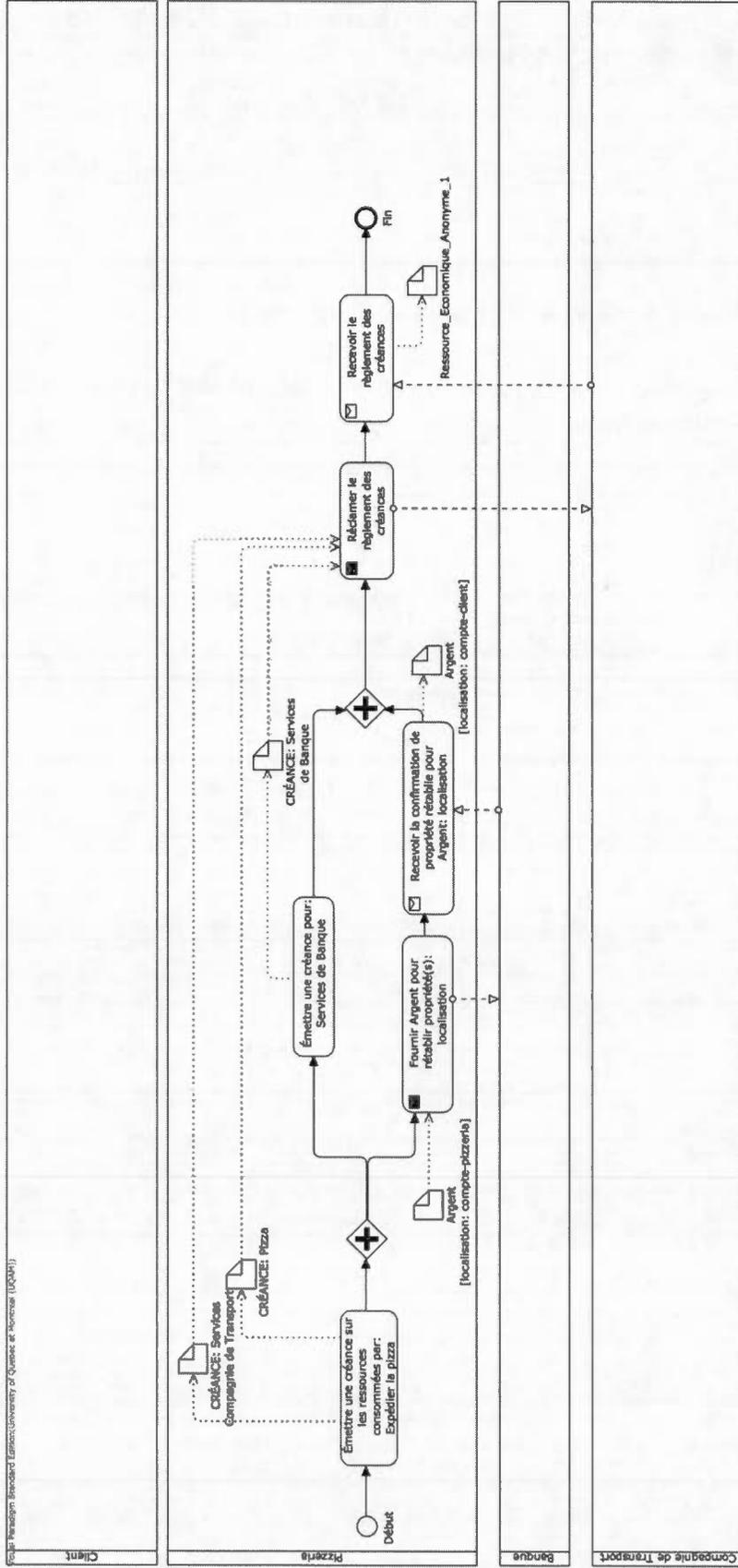
MP6 : Matching de la tâche P6 – Pizzeria, mauvaise adresse

Nous souhaitons générer le processus de compensation pour processus d'affaires de boutique à vélos dans le contexte d'exécution suivant.

Tableau de contexte:

Moment d'avortement du processus	Le processus s'est terminé
Participant du processus ayant causé l'interruption	Le client (car il n'a jamais reçu sa commande)
Raison de l'interruption	Colis livré à la mauvaise adresse par la <i>Compagnie de Transport</i>

Voici le processus de compensation généré automatiquement selon notre approche.



Veillez vous référer à la p.32 pour visualiser le processus que vous avez modélisé.

Évaluation de la solution automatique:

397

Sur une échelle de 1 à 5, veuillez évaluer la pertinence de chacun des éléments du processus de compensation généré automatiquement. Une valeur de 1 signifie que l'élément n'est absolument pas pertinent (devrait être supprimé du modèle) et une valeur de 5 signifie que l'élément est très pertinent (doit absolument être conservé).

RAPPEL: Dans ce travail, nous NE considérons NI les règles d'affaires généralement observées (ex.: politiques de retour généreuses), NI la correction de l'état du processus pour en assurer la reprise.

Activités de compensation	Pertinence				
	1	2	3	4	5
Émettre une créance sur les ressources consommées par : Expédier la pizza					
Émettre une créance pour : services de banque					
Fournir argent pour rétablir propriétés : localisation					
Recevoir la confirmation de propriété rétablie pour argent : localisation					
Réclamer le règlement des créances					
Recevoir le règlement des créances					

Globalement et sans égard à la solution que vous avez proposée, dans quelle mesure considérez-vous que le processus de compensation généré permet de compenser et rétablir correctement le processus d'affaires dans son état initial?

1 : le processus de compensation généré ne permet pas de compenser le processus selon le contexte décrit, et ce même partiellement
2
3
4
5 : le processus de compensation généré permet de compenser le processus parfaitement selon le contexte décrit

Si vous avez donné une note de 1, 2, 3 ou 4 à la question précédente : Veuillez, svp, préciser pourquoi vous pensez que le processus de compensation généré ne compense pas correctement le processus d'affaires selon le contexte d'exécution décrit.

Correspondances avec les solutions générées automatiquement et manuellement

Nous aimerions savoir si les éléments du processus généré automatiquement peuvent correspondre à un ou plusieurs éléments de votre modèle conçu manuellement.

Veillez indiquer ces correspondances à l'aide de flèches, tel que vous l'avez fait pour la tâche précédente (au besoin, vous pouvez vous référer aux instructions de la p.43).

Activités du processus généré automatiquement
Émettre une créance sur les ressources consommées par : Expédier la pizza
Émettre une créance pour : services de banque
Fournir argent pour rétablir propriétés : localisation
Recevoir la confirmation de propriété rétablie pour argent : localisation
Réclamer le règlement des créances
Recevoir le règlement des créances

Activités de votre processus
Aucune correspondance, mais je pense que ce n'est pas nécessaire qu'il y en aie
Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été bien qu'il y en aie
Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été nécessaire d'y en avoir

Activités du processus généré automatiquement
Récupérer les droits sur le vélo : propriété, contrôle
Fournir vélo pour rétablir propriété : localisation
Émettre une créance pour : services de compagnie de transport
Recevoir la confirmation propriété rétablie pour vélo : localisation
Défaire : assembler le vélo
Émettre une créance pour : pièces modifiées
Aucune correspondance, mais je pense que ce n'est pas nécessaire qu'il y en aie
Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été bien qu'il y en aie
Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été nécessaire d'y en avoir

106
Nous vous prions de mentionner, ci-dessous, tout commentaire qui serait susceptible de nous aider à mieux comprendre vos réponses et vos opinions.

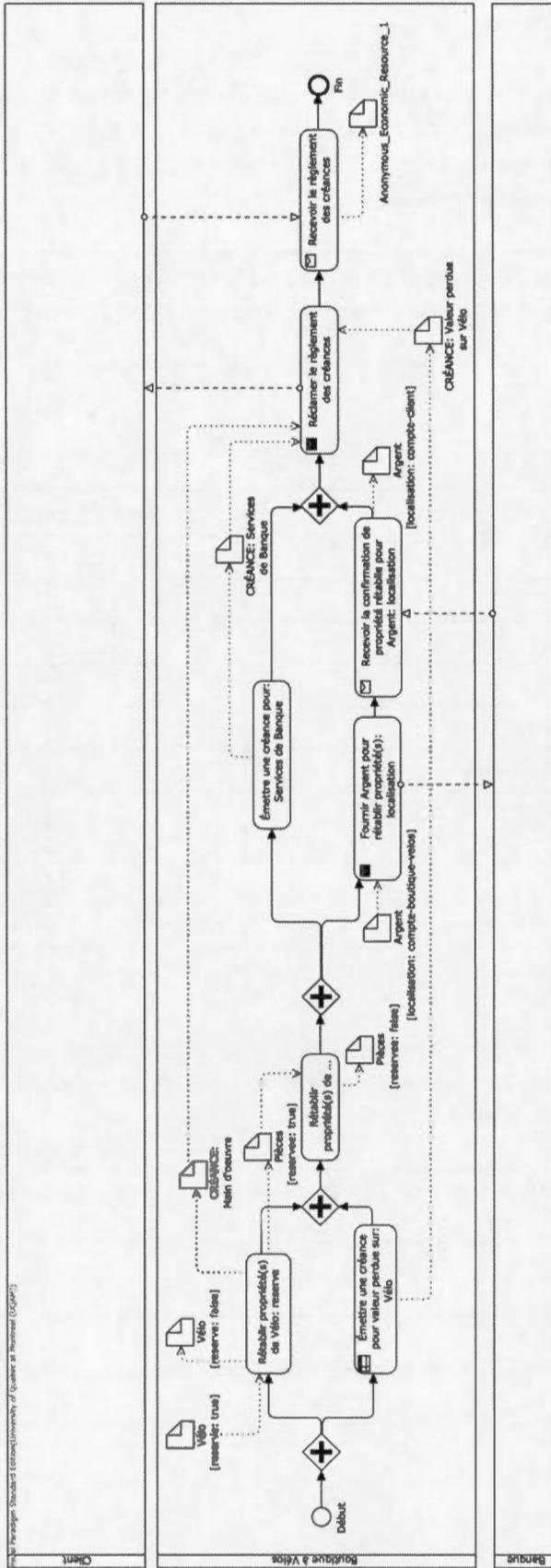
MP7 : Matching de la tâche P7 – Location de vélos

Nous souhaitons générer le processus de compensation pour processus d'affaires de boutique à vélos dans le contexte d'exécution suivant.

Tableau de contexte:

Moment d'avortement du processus	Durant l'activité « Personnaliser le vélo »
Participant du processus ayant causé l'interruption	Le client
Raison de l'interruption	Le client a annulé sa commande

Voici le processus de compensation généré automatiquement selon notre approche.



Veillez vous référer   la p.36 pour visualiser le processus que vous avez modélisé.

Évaluation de la solution automatique:

Sur une échelle de 1 à 5, veuillez évaluer la pertinence de chacun des éléments du processus de compensation généré automatiquement. Une valeur de 1 signifie que l'élément n'est absolument pas pertinent (devrait être supprimé du modèle) et une valeur de 5 signifie que l'élément est très pertinent (doit absolument être conservé).

RAPPEL: Dans ce travail, nous NE considérons NI les règles d'affaires généralement observées (ex.: politiques de retour généreuses), NI la correction de l'état du processus pour en assurer la reprise.

Activités de compensation	Pertinence				
	1	2	3	4	5
Rétablir propriétés de vélo : réservé					
Émettre une créance pour valeur perdue sur : vélo					
Rétablir propriétés de disponibilité sur : pièces					
Émettre une créance pour : services de banque					
Fournir argent pour rétablir propriétés : localisation					
Recevoir la confirmation de propriété rétablie pour argent : localisation					
Réclamer le règlement des créances					
Recevoir le règlement des créances					

Globalement et sans égard à la solution que vous avez proposée, dans quelle mesure considérez-vous que le processus de compensation généré permet de compenser et rétablir correctement le processus d'affaires dans son état initial?

1 : le processus de compensation généré ne permet pas de compenser le processus selon le contexte décrit, et ce même partiellement
2
3
4
5 : le processus de compensation généré permet de compenser le processus parfaitement selon le contexte décrit

Si vous avez donné une note de 1, 2, 3 ou 4 à la question précédente : Veuillez, svp, préciser
pourquoi vous pensez que le processus de compensation généré ne compense pas
correctement le processus d'affaires selon le contexte d'exécution décrit.

Correspondances avec les solutions générées automatiquement et manuellement

Nous aimerions savoir si les éléments du processus généré automatiquement peuvent correspondre à un ou plusieurs éléments de votre modèle conçu manuellement.

À la page suivante, veuillez indiquer ces correspondances à l'aide de flèches, tel que vous l'avez fait pour la tâche précédente (au besoin, vous pouvez vous référer aux instructions de la p.43).

Activités du processus généré automatiquement	Activités de votre processus	Activités du processus généré automatiquement
Rétablir propriétés de vélo : réservé		Rétablir propriétés de vélo : réservé
Émettre une créance pour valeur perdue sur : vélo		Émettre une créance pour valeur perdue sur : vélo
Rétablir propriétés de disponibilité sur : pièces		Rétablir propriétés de disponibilité sur : pièces
Émettre une créance pour : services de banque		Émettre une créance pour : services de banque
Fournir argent pour rétablir propriétés : localisation		Fournir argent pour rétablir propriétés : localisation
Recevoir la confirmation de propriété rétablie pour argent : localisation		Recevoir la confirmation de propriété rétablie pour argent : localisation
Réclamer le règlement des créances		Réclamer le règlement des créances
Recevoir le règlement des créances		Recevoir le règlement des créances
	Aucune correspondance, mais je pense que ce n'est pas nécessaire qu'il y en aie	Aucune correspondance, mais je pense que ce n'est pas nécessaire qu'il y en aie
	Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été bien qu'il y en aie	Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été bien qu'il y en aie
	Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été nécessaire d'y en avoir	Aucune correspondance, et je trouve qu'il aurait été nécessaire d'y en avoir

106
Nous vous prions de mentionner, ci-dessous, tout commentaire qui serait susceptible de nous aider à mieux comprendre vos réponses et vos opinions.

Dernières questions

Nous y sommes presque! Ceci est la dernière question du questionnaire.

Nous souhaitons connaître votre avis général sur l'approche BOCOMA dans un contexte réaliste tiré de vos propres expériences avec des processus considérablement plus complexes que les modèles qui vous ont été présentés dans ce questionnaire.

Nous vous rappelons que l'objectif de l'approche BOCOMA n'est PAS de générer les processus de compensation finaux mais bien de fournir la base que vous devez adapter à votre contexte spécifique.

Veillez indiquer dans quelle mesure vous êtes en accord ou en désaccord avec chacun des énoncés suivants. Pour ce faire, veuillez utiliser une échelle de 1 à 5, où 1 signifie que vous êtes fortement en désaccord avec l'énoncé et 5 signifie que vous êtes fortement en accord avec l'énoncé.

	Niveau d'accord				
	1	2	3	4	5
En général, je considère que les modèles obtenus automatiquement par l'approche BOCOMA sont utiles pour la modélisation des processus de compensation.					
Si, dans le futur, je devais modéliser la compensation de processus d'affaires, je pense que je considérerais utiliser l'approche BOCOMA.					
En général, je pense que l'approche BOCOMA NE permet PAS de générer efficacement des modèles de compensation.					
Je recommanderais, à un ami/collègue, l'utilisation de l'approche BOCOMA pour la modélisation de la compensation de ses processus d'affaires.					
Je pense que l'approche BOCOMA permet de réduire le temps et l'effort nécessaires pour la production de modèles de compensation.					

Si je devais modéliser des processus de compensation dans le futur, je NE considèrerai PAS l'utilisation de l'approche BOCOMA.				407
Je pense que l'utilisation de l'approche BOCOMA permettra d'améliorer ma performance dans la modélisation de la compensation des processus d'affaires.				

En quelques mots, avez-vous des commentaires sur l'approche BOCOMA, relativement à son utilisabilité, son utilité, son efficacité, ou à tout autre aspect que vous jugez important?

Quelques questions de classification

Merci beaucoup pour le temps que vous nous avez généreusement consacré. Votre contribution est inestimable pour la réussite de ce projet.

Avant de vous quitter, nous aimerions vous poser quelques questions démographiques et concernant votre récompense.

Êtes vous un homme ou une femme?

<input type="checkbox"/>	Femme
<input type="checkbox"/>	Homme

Dans quelle catégorie d'âge vous situez-vous?

<input type="checkbox"/>	18-24 ans
<input type="checkbox"/>	25-34 ans
<input type="checkbox"/>	35-44 ans
<input type="checkbox"/>	45-54 ans
<input type="checkbox"/>	55-64 ans
<input type="checkbox"/>	65-74 ans
<input type="checkbox"/>	75 ans et plus

Afin de vous remercier pour votre contribution à ce projet, nous souhaitons vous offrir une petite récompense comme témoignage de notre reconnaissance. Nous offrons différentes options, toutes d'une valeur de 30\$CAN. Veuillez, svp, faire votre choix parmi les options suivantes:

<input type="checkbox"/>	Carte cadeau iTunes
<input type="checkbox"/>	Carte cadeau Amazon
<input type="checkbox"/>	Don de charité (veuillez préciser : _____)
<input type="checkbox"/>	Merci, mais je ne souhaite pas recevoir de récompense

Pour que nous soyons en mesure de vous envoyer votre carte cadeau ou de faire le don de charité en votre nom, veuillez compléter les informations de contact ci-dessous.

ADRESSE : _____

VILLE : _____

CODE POSTAL : _____

PAYS : _____

Souhaitez-vous recevoir les résultats de cette étude, une fois que ceux-ci auront été acceptés pour publication?

<input type="checkbox"/>	Oui (veuillez entrer votre adresse courriel : _____)
<input type="checkbox"/>	Non

Encore merci !

Nous apprécions énormément votre aide et le temps que vous nous avez consacré!

Anis Boubaker, candidat au Doctorat en informatique

ANNEXE IV

ÉTUDE A : FACTEURS ASSOCIÉS AUX PROCESSUS DE L'ÉTUDE

Les tableaux suivants présentent la correspondance entre chaque processus et les facteurs de compensation attendus. Ils ont été utilisés lors de l'analyse manuelles de processus produits par les participants dans le but d'identifier quels facteurs, parmi ceux attendus, sont présents dans le processus de compensation produit manuellement.

Cette annexe est en complément au chapitre 7, section 7.2.2.3.a.

	Facteurs de classe										Facteurs d'instance			
	Type de transaction			Type d'événement			Type de propriété				Type d'événement		Instant d'interruption	Agent Responsable
	Échange	Conversion		Périssable	Dépréciable	Discrète	Réversible	Sem-Réversible	Primaire réversible	Secondaire non-réversible	Graduel	Coûts		
P1	1	1				1	1	1			1	1		1
P2	1	1					1	1				1	1	1
P3	1	1					1	1						1
P4	1	1			1		1				1	1		1
P5	1	1			1		1	1	1		1	1		1
P6	1	1	1				1		1			1		1
P7	1	1		1			1			1		1	1	1

ANNEXE V

ÉTUDE B : DOSSIER DU PARTICIPANT

Dans cette annexe, nous présentons le dossier papier ayant été remis à nos participants de l'étude B. Ce dossier est fourni en complément du chapitre 7, section 7.3.

Processus de développement logiciel

1. Description du processus principal

Ce processus d'affaires décrit l'étude, la conception et la réalisation d'un logiciel pour un client selon un modèle de processus de développement Waterfall.

Le processus débute par la réception d'un signal du processus de vente dans lequel le client s'est engagé en défrayer les frais d'étude et d'analyse. Le processus débute par l'analyse d'affaires du projet de développement (Business Analysis), ce qui produit un document de concept d'opérations (Conops). Ce document est soumis à une vérification et validation (V&V). Cette dernière activité est un sous-processus que nous détaillons plus bas. Une fois vérifié et validé, le Conops est utilisé dans l'activité d'analyse des exigences pour produire un document de spécifications détaillée d'exigences logicielles (SRS) qui est soumis, à son tour, à la vérification et validation.

Une fois le SRS produit et vérifié, celui-ci constituera le livrable que le client a commandé. À la lumière de ce document, l'entreprise prépare une estimation des coûts de développement et le délai de livraison de l'application. Cette estimation (Quote) est envoyée au client et l'entreprise attend de recevoir sa réponse. Selon sa réponse trois cas de figure peuvent se produire.

1. Le client refuse la soumission, auquel le processus s'arrête;
2. Le client demande des modifications. Celles-ci sont apportées au document qui repasse par une phase de vérification et validation avant de lui être soumis à nouveau;
3. (Par défaut) Le client accepte la soumission et le processus se poursuit.

Suite à l'acceptation de la soumission, deux branches parallèles sont exécutées :

1. La première se charge de la conception des différents modules du logiciel et leur implémentation. L'étape d'implémentation des modules est décrite par un sous-processus ci-dessous;
2. La seconde branche s'occupe de la planification des tests d'intégration;

Une fois ces deux tâches parallèles réalisées, les différents modules développés sont intégrés, produisant ainsi le logiciel sur lequel des d'intégration sont effectués. Suite à ça, le logiciel passe au travers du processus de vérification et validation et, pour finalement, être livré au client.

2. Sous processus de vérification et validation

Ce sous-processus est utilisé à différentes étapes du processus de développement et a pour objectif d'assurer que l'artifact du logiciel (ex. : Conopts, SRS, Code source, logiciel final) qui lui est soumis correspond aux attentes du client (validation) et est exempt d'erreurs syntaxiques, sémantiques, de cohérence, etc. (vérification). La validation est faite en collaboration avec le client, tandis que la vérification est soustraite à une entreprise tierce d'assurance qualité.

La vérification et la validation sont effectuées en parallèle dès que le sous-processus est enclenché. Les branches parallèles effectuent sensiblement les mêmes activités mais diffèrent au point de vue du participant externe impliqué (i.e. le client ou l'entreprise d'assurance qualité) et sur l'état de l'artifact suite à la validation ou vérification (i.e. validé ou vérifié).

L'artifact est d'abord soumis au participant du processus. Une fois que le participant l'a traité, sa réponse est transmise à l'entreprise et celle-ci est analysée. Le résultat de cette analyse peut mener à trois états :

1. Le participant a requis des changements à l'artifact. Les changements requis sont effectués et l'artifact est re-soumis au participant;
2. Le participant a requis des changements qui nécessitent de plus amples informations. La demande d'information est envoyée au participant (Request for Comment, RFC) et l'entreprise attend sa réponse avant de reprendre l'analyse et effectuer les changements;
3. L'artifact est accepté par le participant et le processus peut continuer son exécution.

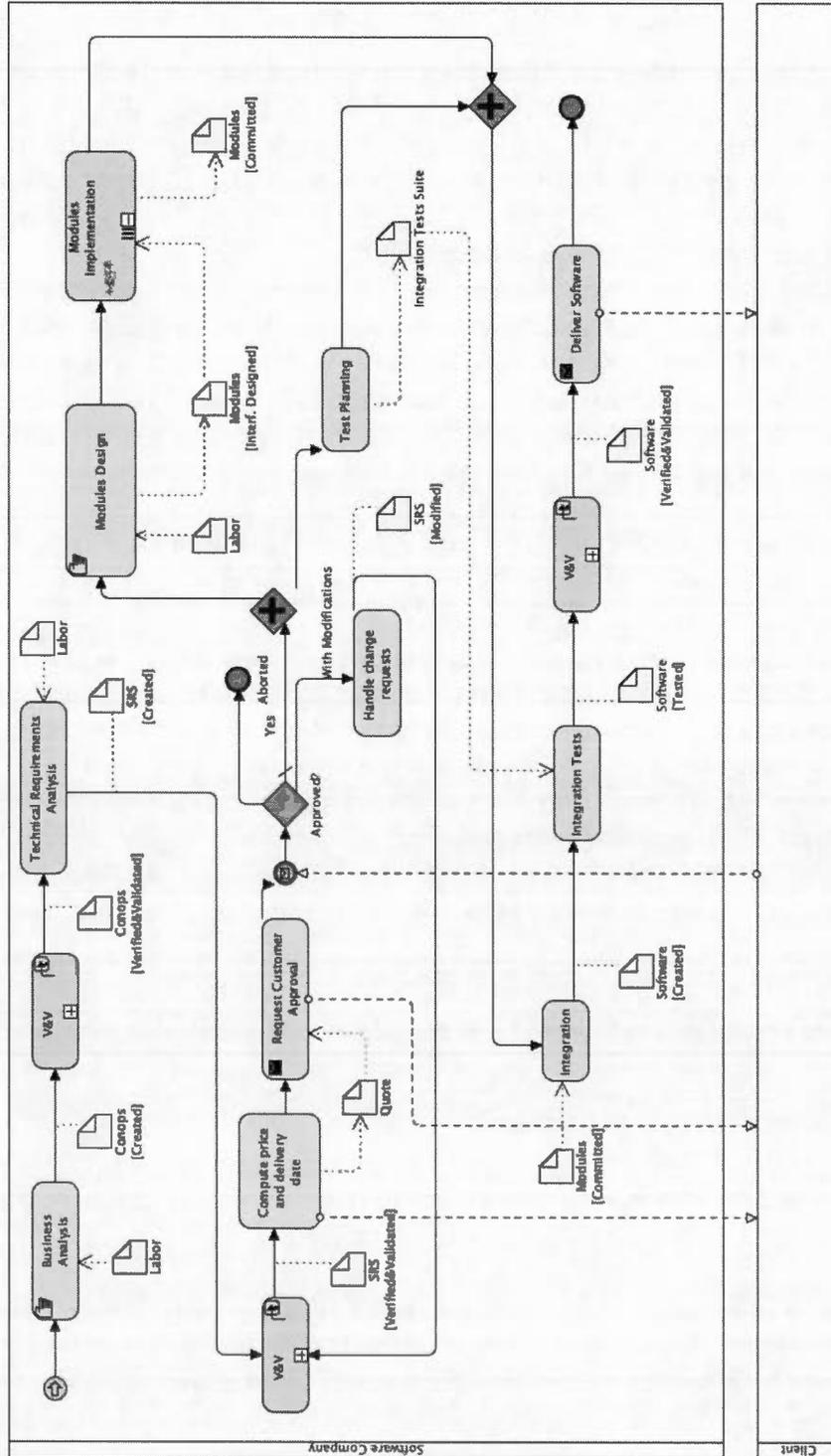
Une fois l'artifact accepté par les deux participants, les modifications retenues par les deux intervenants sont combinées et le sous-processus prend fin.

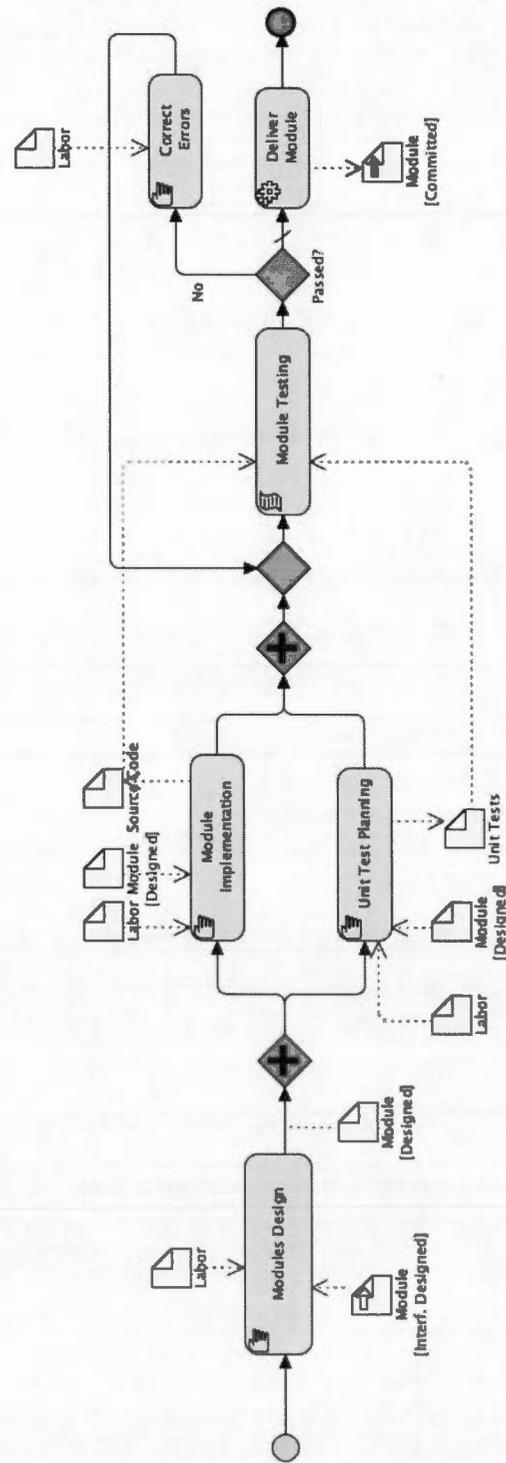
3. Sous processus d'implémentation

Ce sous-processus se charge de l'implémentation de modules/librairies du logiciel final (ça peut être l'adaptation d'un module ou logiciel OTS).

Tout d'abord, une activité de conception détaillée est menée (la conception qui a précédé, dans le processus principal, se charge surtout de concevoir les interfaces). Suite à ça, deux tâches parallèles sont effectuées : (1) l'implémentation du module et

(2) la planification des tests unitaires. Une fois ces deux tâches effectuées, la batterie de tests unitaires est exécutée. Si des erreurs sont découvertes, celles-ci sont corrigées et le module est resoumis aux tests. Sinon, le module est livré et le sous-processus s'arrête.



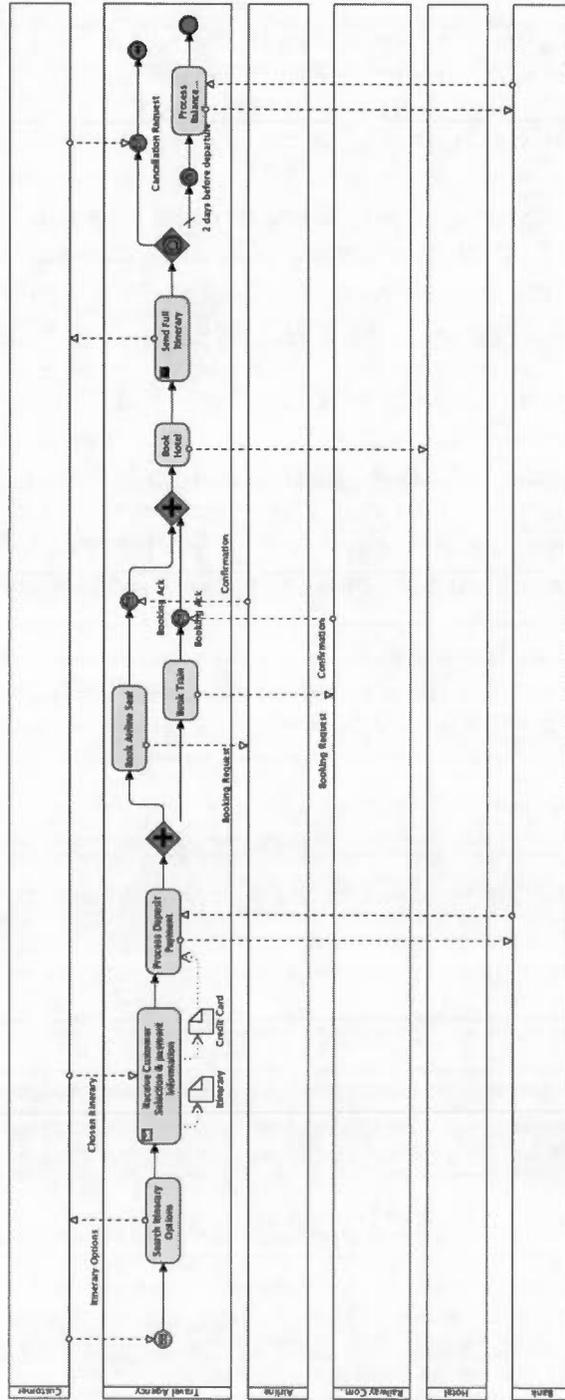


Processus de vente d'une agence de voyages

Ce processus d'une agence de voyages assure la vente et la réservation d'un itinéraire de voyage pour un client. L'itinéraire inclus un trajet en avion, un trajet en train pour se rendre à la localité désirée et la réservation d'un hôtel. Pour simplifier le processus, nous considérons que chaque itinéraire inclut ces trois composantes.

Le processus débute par la réception de la requête d'un client. La requête comporte, entre-autres, la destination désirée et les dates du voyage. L'agence se charge ensuite d'énumérer un plusieurs options de voyage pour les critères fournis (prix, escales, compagnies de voyage, etc.) et demande au client de sélectionner celle qui lui convient. Ce dernier, transmet sa sélection à l'agence ainsi que ses informations de paiement par carte de crédit. Suite à ça, l'agence perçoit un dépôt de paiement (qui ne pourra pas être remboursé) via sa banque et procède parallèlement à la réservation du billet d'avion et du billet de train. Chacune de ces activités sont effectuées en collaboration avec le transporteur approprié et sont sanctionnées par la réception d'une confirmation de réservation (ACK). Une fois le transport réservé, l'agence réserve l'hôtel à la destination du client et envoie à ce dernier une confirmation avec l'itinéraire final.

Le client conserve toutefois le droit d'annuler sa réservation jusqu'à 2 jours avant la date du vol prévue (en perdant son dépôt). Dans ce cas, le processus se termine par une compensation. Passé ce délai, l'agence demande à sa banque de lui transférer la balance du paiement et le processus se termine.



Processus YouParts

1. Contexte et description de l'entreprise

Avec les nouvelles technologies d'impression 3D et la démocratisation des imprimantes 3D, de plus en plus de consommateurs s'adonnent à cette activité en modélisant et créant toutes sortes d'objets de la vie courante. Cependant, dépassé le stade de hobby, les consommateurs font rapidement face à des limites contraignantes. Tout d'abord, les imprimantes 3D grand public ne peuvent imprimer que des objets de petites tailles. De plus, ces objets ne peuvent être imprimés qu'en résine de plastique alors que certains consommateurs aimeraient imprimer leurs objets dans d'autres matériaux (ex. : alliage de métaux, bois, etc.).

La compagnie YouParts se positionne sur ce créneau de fabrication d'objets pour le grand public, sans limite de taille et ce dans un large éventail de matériaux. Pour ce faire, YouParts fait affaire avec un ensemble de manufacturiers (essentiellement en Chine) qui se chargent de la fabrication. YouParts intervient donc comme intermédiaire à valeur ajoutée : les modèles 3D soumis par les clients sont analysés préalablement et seront envoyés au manufacturier le plus adapté selon plusieurs critères (matériau, tarifs pour le matériau, délai de livraison, etc.).

2. Description du processus de fabrication et livraison

Le processus démarre une fois que la commande du client a été validée. La validation (et paiement) de la commande sont pris en charge par un autre processus en amont qui envoie un signal de départ au processus de fabrication. Une fois démarré, le processus attend la réception du modèle 3D du client (Schematics). Dès que le modèle est reçu, celui-ci est validé syntaxiquement automatiquement selon la norme choisie. Si le modèle est syntaxiquement conforme, celui-ci est analysé sémantiquement par un ingénieur de YouParts. Si cette vérification est positive, le processus se poursuit. Cependant, si une des vérifications échoue, le client est notifié et YouParts attend que le client resoumette un nouveau modèle. Notons toutefois que le nombre de modifications autorisées est limité : si celui-ci atteint une limite établie, le processus est interrompu après avoir été compensé.

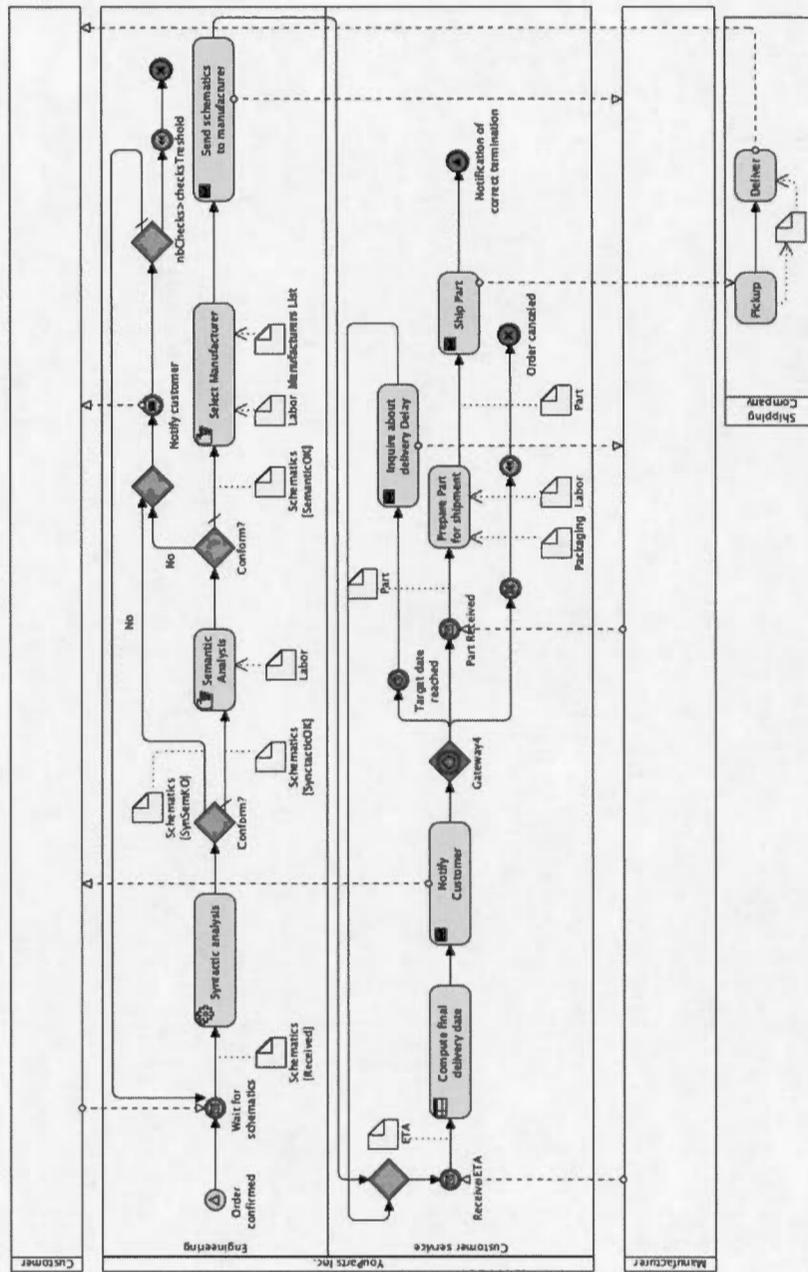
Une fois les deux vérifications effectuées, un manufacturier est sélectionné à partir d'une liste de manufacturiers avec laquelle YouParts a conclu une entente de

service. Le modèle 3D du client est ensuite envoyé au manufacturier retenu et celui-ci envoie à YouParts une réponse avec une date estimée de fabrication (ETA, estimated time of arrival). YouParts calcule à son tour la date estimée de livraison au client (règle d'affaires basée sur l'ETA du manufacturier, son délai de livraison généralement observé et le délai nécessaire à YouParts pour reconditionner la pièce avant livraison finale). Le client est averti de la date finale de livraison.

Suite à ça, le processus d'interrrompt dans l'attente que l'un des évènements suivants survienne :

1. La date de livraison du manufacturier a été atteinte : YouParts informe le manufacturier et demande une nouvelle ETA;
2. Une annulation survient (que ce soit du client ou du manufacturier) : le processus est compensé et s'arrête.
3. La pièce est reçue par YouParts.

La pièce étant reçue, YouParts se charge de la reconditionner et l'emballer pour la livraison au client. À ce titre, YouParts fait recours à une compagnie de livraison (ex. : UPS) qui récupère le colis et le livre au client. Une fois le colis récupéré par la compagnie de livraison, le processus se termine.



ANNEXE VI

PUBLICATIONS

Journaux internationaux avec comités de lecture

- [1] H. Mili, I. Benzarti, M. Meurs, A. Obaid, J. Gonzales-huerta, N. Haj-Salem, and **A. Boubaker**, "A context-aware customer experience management development framework based on ontologies and computational intelligence," in *Sentiment Analysis and Ontology Engineering : An Environment of Computational Intelligence*, Springer, 2016.
- [2] **A. Boubaker**, A. Leshob, H. Mili and Y. Charif, "A pattern based approach to extract REA value models from business process models," *Intell. Syst. Accounting, Financ. Manag.*, Wiley, 2016.
- [3] T. Gagné, R. Agouri, M. Cantinotti, **A. Boubaker**, and K. L. Frohlich, "How important are paper copies of questionnaires? Testing invitations modes when studying social inequalities in smoking among young adults.," *Int. J. Public Health*, vol. 59, no. 1, pp. 207–10, Feb. 2014.

Conférences internationales avec comités de lecture

- [4] R. M. Carvalho, H. Mili, J. Gonzalez-Huerta, **A. Boubaker**, and A. Leshob, "Comparing ConDec to CMMN : Towards a Common Language for Flexible Processes," in *4th International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development ModelWard (Submitted sept. 2015)*, 2016.
- [5] **A. Boubaker**, H. Mili, A. Leshob, and Y. Charif, "Towards Automating Business Process Compensation Scoping Logic," in *MCETECH Conference on e-technologies, 6th International*, 2015.
- [6] **A. Boubaker**, D. Cherif, A. Leshob, and H. Mili, "Value-Chain Discovery from Business Process Models," in *The Practice of Enterprise Modeling, PoEM 2014*, 2014, pp. 1–15.
- [7] A. Leshob, H. Mili, and **A. Boubaker**, "A Pattern Based Approach for Automatic Business Process Specialization," in *2014 IEEE 38th Annual Computer Software and*

Applications Conference, 2014, pp. 59–64.

[8] A. Leshob, H. Mili, and **A. Boubaker**, “REA-based Business Process Adaptation,” in The 11th IEEE International Conference on e-Business Engineering, 2014.

[9] **A. Boubaker**, H. Mili, Y. Charif, and A. Leshob, “Towards a Framework for Modeling Business Compensation Processes,” in 14th Working Conference on Business Process Modeling, Development, and Support (BPMDS’13), 2013.

[10] **A. Boubaker**, H. Mili, Y. Charif, and A. Leshob, “Methodology and Tool for Business Process Compensation Design,” in EDOC Workshops (MRI-BP), 2013.

[11] **A. Boubaker**, H. Mili, A. Leshob, and Y. Charif, “A Value-Oriented Approach to Business Process Compensation Design,” in 2nd IEEE International Conference on Information Technology and e-Services, 2012.

[12] H. Mili, P. Valtchev, Y. Charif, L. Szathmary, **A. Boubaker**, and L. Martin, “E-Tourism Portal : A Case Study in Ontology-Driven Development,” in E-Technologies : Transformation in a Connected World 5th International Conference, MCETECH 2011, 2011, pp. 76–99.

BIBLIOGRAPHIE

- Adams, M., A. H. M. Hofstede et W. M. P. van der Aalst. 2007. « Dynamic, Extensible and Context-Aware Exception Handling for Workflows ». In *OTM Confederated International Conferences CoopIS, DOA, ODBASE, GADA, and IS 2007*, p. 95–112, Vilamoura, Portugal. Springer Berlin / Heidelberg.
- Akkermans, J., et J. Gordijn. 2003. « Value-based requirements engineering : exploring innovative e-commerce ideas ». *Requirements Engineering*, vol. 8, no. 2, p. 114–134.
- Amyot, D., S. Ghavanati, J. Horkoff, G. Mussbacher, L. Peyton et E. Yu. 2010. « Evaluating Goal Models within the Goal-Oriented Requirement Language ». *International Journal of intelligent Systems*, vol. 25, no. 2, p. 841–877.
- Andersson, B., M. Bergholtz, A. Edirisuriya, T. Ilayperuma, E. Dubois, S. Abels, A. Hahn, B. Wangler et H. Weigand. 2006a. « Towards a Reference Ontology for Business Models ». In *25th International Conference on Conceptual Modeling*, p. 482–496. Springer Berlin / Heidelberg.
- Andersson, B., M. Bergholtz, B. Grégoire, P. Johannesson, M. Schmitt et J. Zdravkovic. 2006b. « From Business to Process Models : a Chaining Methodology ». In *BUSI-TAL (a workshop on Business/IT Alignment and Interoperability)*, Luxembourg.
- Andersson, B., P. Johannesson et J. Zdravkovic. 2008. « Aligning goals and services through goal and business modelling ». *Information Systems and e-Business Management*, vol. 7, no. 2, p. 143–169.
- Antón, A. I. 1996. « Goal-based requirements analysis ». In *Requirements Engineering, 1996., Proceedings of the Second International Conference on*, p. 136–144, Colorado Springs, USA.
- Avizienis, A., J.-C. Laprie, B. Randell et C. Landwehr. 2004. « Basic concepts and taxonomy of dependable and secure computing ». *Dependable and Secure Computing, IEEE Transactions on*, vol. 1, no. 1, p. 11–33.
- Awad, A., G. Decker et M. Weske. 2008. « Efficient Compliance Checking Using BPMN-Q and Temporal Logic ». In *BPM 2008*, p. 326–341.
- Baader, F., D. Calvanese, D. L. McGuinness, D. Nardi et P. F. Patel-Schneider. 2003. *The Description Logic Handbook : Theory, Implementation and Applications*. Cambridge University Press.

- Balasubramanian, S., et M. Gupta. 2005. « Structural metrics for goal based business process design and evaluation ». *Business Process Management Journal*, vol. 11, no. 6, p. 680–694.
- Behnam, S. A., D. Amyot et G. Mussbacher. 2010. « Towards a Pattern-Based Framework for Goal-Driven Business Process Modeling ». In *Software Engineering Research, Management and Applications (SERA), 2010 Eighth ACIS International Conference on*, p. 137–145.
- Ben-Eliahu, Z. 2008. « Exception Handling Enforcement in BPMN ». Thèse de Doctorat, Beer-Sheva, Israel, Ben-Gurion University of the Negev.
- Ben-Eliahu, Z., et M. Elhadad. 2009. Semantic business process for improved exception handling. Rapport.
- Best, E., et A. Rakow. 2008. « A Slicing Technique for Business Processes ». In *UNIS-CON 2008*, p. 45–51, Klagenfurt, Austria.
- Biswas, D. 2005. « Compensation in the World of Web Services Composition ». In *First International Workshop, SWSWPC 2004*. T. 3387/2005, p. 69–80. Springer Berlin / Heidelberg.
- Bodenstaff, L., A. Wombacher, R. Wieringa et M. Reichert. 2008. « An Approach for Maintaining Models of an E-Commerce Collaboration ». In *E-Commerce Technology and the Fifth IEEE Conference on Enterprise Computing, E-Commerce and E-Services*, p. 239–246.
- Boubaker, A., H. Mili, Y. Charif et A. Leshob. 2013. « Towards a Framework for Modeling Business Compensation Processes ». In *14th Working Conference on Business Process Modeling, Development, and Support (BPMDS'13)*, Valancia (Spain).
- Boukhebouze, M., Y. Amghar, A.-N. Benharkat et Z. Maamar. 2009. « Towards Self-healing Execution of Business Processes Based on Rules ». In *11th International Conference on Enterprise Information Systems ICEIS2009*, p. 501–512. Springer Berlin / Heidelberg.
- Brabänder, E., et R. Davis. 2007. *ARIS design platform – getting started with BPM*. Springer.
- Bruning, S., S. Weissleder et M. Malek. 2007. « A fault taxonomy for service-oriented architecture ». In *High Assurance Systems Engineering Symposium, 2007. HASE'07. 10th IEEE*, p. 367–368. IEEE.
- Cabot, J. 2007. « From Declarative to Imperative UML / OCL Operation Specifications ». In *ER2007*, p. 198–213, Auckland, New Zealand.
- Cabrera, L. F., G. Copeland, M. Feingold, R. W. Freund, T. Freund, J. Johnson, S. Joyce, C. Kaler, J. Klein, D. Langworthy, M. Little, A. Nadalin, E. Newcomer, D. Or-

- chard, I. Robinson, T. Storey et S. Thatte. 2005a. Web Services Atomic Transaction (WS- AtomicTransaction).
- Cabrera, L. F., G. Copeland, M. Feingold, R. W. Freund, T. Freund, S. Joyce, J. Klein, D. Langworthy, M. Little, F. Leymann, E. Newcomer, D. Orchard, I. Robinson, T. Storey et S. Thatte. 2005b. Web Services Business Activity Framework (WS-BusinessActivity).
- Cabrera, L. F., G. Copeland, M. Feingold, T. Freund, J. Johnson, C. Kaler, J. Klein, D. Langworthy, A. Nadalin, D. Orchard, I. Robinson, J. Shewchuk et T. Storey. 2004. « Web Services Coordination (WS-Coordination) ». *Industry Consortium (Microsoft, IBM, BEA Syst.)*, p. 1–20.
- Carlson, W. M. 1979. « Business information analysis and integration technique (BIAIT) : the new horizon ». *ACM SIGMIS Database*, vol. 10, no. 4, p. 3–9.
- Caron, F., et J. Vanthienen. 2015. « Exploring business process modelling paradigms and design-time to run-time transitions ». *Enterprise Information Systems*. no. February, p. 1–24.
- Carvalho, R. M., H. Mili, J. Gonzalez-Huerta, A. Boubaker et A. Leshob. 2016. « Comparing ConDec to CMMN : Towards a Common Language for Flexible Processes ». In *4th International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development ModelWard (Submitted sept. 2015)*, Rome, Italy.
- Casati, F., et G. Cugola. 2001. *Error Handling in Process Support Systems*. Coll. Romanovsky, A., C. Dony, J. L. Knudsen et A. Tripathi, éditeurs, Coll. « Exception Handling ». T. 2022, série *Lecture Notes in Computer Sciences*, p. 251–270. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg.
- Chan, K., J. Bishop, J. Steyn, L. Baresi et S. Guinea. 2009. « A fault taxonomy for web service composition ». In *Service-Oriented Computing-ICSOC 2007 Workshops*, p. 363–375, Vienna, Austria. Springer Berlin / Heidelberg.
- Charfi, A., et M. Mezini. 2005. « Using aspects for security engineering of Web service compositions ». In *Web Services, 2005. ICWS 2005. Proceedings. 2005 IEEE International Conference on*, p. 59–66.
- Charness, G., U. Gneezy et M. A. Kuhn. 2012. « Experimental methods : Between-subject and within-subject design ». *Journal of Economic Behavior & Organization*, vol. 81, no. 1, p. 1–8.
- Conforti, R., et G. Fortino. 2011. « History-Aware , Real-Time Risk Detection in Business Processes ». In *On the Move to Meaningful Internet Systems : OTM 2011*, p. 100–118, Hersonissos, Crete, Greece. Springer Berlin / Heidelberg.
- Cook, T., et D. Campbell. 1979. *Quasi-Experimentation : Design and Analysis Issues for Field Settings*. Boston : HoughtonMifflin Company.

- Corradini, A., U. Montanari, F. Rossi, H. Ehrig et R. H. e. M. Loewe. 1996. Algebraic Approaches to Graph Transformation. Rapport.
- Curran, T., G. Keller et A. Ladd. 1998. *SAP R/3 Business Blueprint*. Prentice Hall.
- Curtis, B., M. I. Kellner et J. Over. 1992. « Process modeling ». *Communications of the ACM*, vol. 35, no. 9, p. 75–90.
- Czarnecki, K., et S. Helsen. 2003. « Classification of model transformation approaches ». In *OOPSLA'03 Workshop on Generative Techniques in the Context of Model-Driven Architecture*. T. 45, p. 1–17.
- David, J. S. 1997. Three Events That Define an REA Methodology for Systems Analysis, Design, and Implementation. Rapport, Arizona State University.
- Davis, F. D. 1989. « Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology ». *MIS Quarterly*, vol. 13, no. 3, p. 319–340.
- Dayal, U., M. Hsu et R. Ladin. 2001. « Business Process Coordination : State of the Art, Trends, and Open Issues ». In *27th Very Large Databases Conference, VLDB 2001*, p. 3–13, Roma.
- de Kinderen, S., et J. Gordijn. 2008. « E3Service : A model-based approach for generating needs-driven e-service bundles in a networked enterprise ». In *Proceedings of the 16th European Conference on Information Systems*, p. 350–361.
- De Medeiros, A. K. A., C. Pedrinaci, W. M. P. van der Aalst, J. Domingue, M. Song, A. Rozinat, B. Norton et L. Cabral. 2007. « An outlook on semantic business process mining and monitoring ». In *On the Move to Meaningful Internet Systems 2007 : OTM 2007 Workshops*, p. 1244–1255. Springer.
- Demeyer, S., S. Ducasse et O. Nierstrasz. 2002. *Object-oriented reengineering patterns*. Elsevier.
- Derks, W. W. C., et R. H. Weston. 2005. « A model of exceptions in sales-order-processing workflows ». *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B : Journal of Engineering Manufacture*, vol. 219, no. 2, p. 209–228.
- Dijkman, R. M., M. Dumas et C. Ouyang. 2008. « Semantics and analysis of business process models in BPMN ». *Information and Software Technology*, vol. 50, no. 12, p. 1281–1294.
- Eclipse Foundation. BPMN2 Modeler. <https://www.eclipse.org/bpmn2-modeler/>. Consulté le 2015-11-30.
- . Eclipse Modeling Framework. <http://www.eclipse.org/emf/>.
- . 2014. Eclipse OCL v.5.0.3. <http://www.eclipse.org/modeling/mdt/?project=ocl>.

- Eisentraut, C., et D. Spieler. 2009. « Fault, Compensation and Termination in WS-BPEL 2.0 - A Comparative Analysis ». In *Web Services and Formal Methods 5th International Workshop, WS-FM 2008*, p. 107–126. Springer Berlin / Heidelberg.
- Elmagarmid, A. K., Y. Leu, W. Litwin et M. Rusinkiewicz. 1990. « A Multidatabase Transaction Model for InterBase ». In *VLDB '90 : Proceedings of the 16th International Conference on Very Large Data Bases*. Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Fatemi, H., M. van Sinderen et R. Wieringa. 2011. « E3value to BPMN model transformation ». In *12th IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises*, p. 333–340, São Paulo, Brazil. Springer.
- Forgy, C. L. 1982. « Rete : A fast algorithm for the many pattern/many object pattern match problem ». *Artificial Intelligence*, vol. 19, no. 1, p. 17–37.
- Gamma, E., R. Helm, R. Johnson et J. Vlissides. 1995. *Design Patterns - Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- Garcia-Molina, H. 1991. « Modeling Long-Running Activities as Nested Sagas ». *Data Engineering*, vol. 14, no. 1, p. 14–18.
- Garcia-Molina, H., et K. Salem. 1987. « Sagas ». In *SIGMOD '87 : Proceedings of the 1987 ACM SIGMOD international conference on Management of data*, p. 249–259, New York, New York, USA. ACM Request Permissions.
- Geerts, G. L., et W. E. McCarthy. 1997. *Modeling Business Enterprises as Value-Added Process Hierarchies with Resource-Event-Agent Object Templates*. Coll. Sutherland, J., C. Casanave, J. Miller, P. Patel et G. Hollowell, éditeurs, Coll. « *Business Object Design and Implementation* », p. 94–113. Springer London.
- Geerts, G. L., et W. E. McCarthy. 2000. « The Ontological Foundation of REA Enterprise Information Systems ». In *American Accounting Association Conference*, Philadelphia.
- . 2001. « Using Object Templates from the REA Accounting Model to Engineer Business Processes and Tasks. ». *The Review of Business Information Systems*, vol. 5, no. 4.
- . 2002. « An ontological analysis of the economic primitives of the extended-REA enterprise information architecture ». *International Journal of Accounting Information Systems*, vol. 3, no. 1.
- Ghidini, C., C. D. Francescomarino, M. Rospocher, P. Tonella et L. Serafini. 2012. « Semantics-Based Aspect-Oriented Management of Exceptional Flows in Business Processes ». *Systems, Man, and Cybernetics, Part C : Applications and Reviews, IEEE Transactions on*, vol. 42, no. 1, p. 25–37.

- Ghose, A. K., N. C. Narendra, K. Ponnalagu, A. Panda et A. Gohad. 2011. « Goal-Driven Business Process Derivation ». In *ICSOC 2011*, p. 467–476.
- Godin, R. 2006. *Systèmes de gestion de base de données par l'exemple*. Loze-Dion, 2e édition.
- Gordijn, J. 2002. « Value-based Requirements Engineering ». Thèse de Doctorat, Vrije Universiteit Amsterdam.
- Gordijn, J., H. Akkermans et H. van Vliet. 2000. « Business Modelling is not Process Modelling ». In *1th International Workshop on Conceptual Modeling Approaches for e-Business*, p. 40–51.
- Gordijn, J., et R. Wieringa. 2003. « A value-oriented approach to e-business process design ». In *Advanced Information Systems Engineering*. Springer.
- Governatori, G., et Z. Milosevic. 2006. « A formal analysis of a business contract language ». *International Journal of Cooperative Information Systems*, vol. 15, no. 4, p. 659–685.
- Gray, J., et A. Reuter. 1992. *Transaction Processing : Concepts and Techniques*. Morgan Kaufmann Publishers.
- Greenfield, P., A. Fekete, J. Jang et D. Kuo. 2006. « Compensation is not enough - fault handling and compensation mechanism ». In *Seventh IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference, 2003. Proceedings.*, p. 232–239. IEEE Comput. Soc.
- Grefen, P., J. Vonk, E. Boertjes et P. Apers. 1997. « Two-Layer Transaction Management for Workflow Management Applications ». In *8th Int. Conf. on Database and Expert Systems Applications*, p. 430–439, Toulouse, France.
- Gruhn, V., et R. Laue. 2007. *Approaches for Business Process Model Complexity Metrics*. Coll. « Technologies for Business Information Systems », chapitre 2, p. 13–24. Springer Netherlands.
- Gunter, B., D. Nicholas, P. Huntington et P. Williams. 2002. « Online versus offline research : implications for evaluating digital media ». In *Aslib Proceedings*. T. 54, p. 229–239.
- Hammer, M., et J. Champy. 1993. *Reengineering the corporation : A manifesto for business revolution*. New York : Harper Business.
- He, Y., et P. A. Watters. 2007. « On the complexity of compensation handling in WS-BPEL 2.0 for 3rd Party Logistics ». In *IEEE DEST 2007*, p. 118–121.
- Henkel, M., P. Johannesson, E. Perjons et J. Zdravkovic. 2007. « Value and Goal Driven Design of E-Services ». In *IEEE International Conference on e-Business Engineering (ICEBE'07)*, p. 295–303. IEEE.

- Horkoff, J., et E. Yu. 2011. « Analyzing goal models : different approaches and how to choose among them ». In *Proceedings of the 2011 ACM Symposium on Applied Computing*, p. 675–682.
- Hruby, P. 2006. *Model-Driven Design Using Business Patterns*. Springer-Verlag New York.
- Ilayperuma, T. 2007. « Reference Ontology for Business Models Towards Interoperability between Business Modelling ». Thèse de Doctorat, Stockholm University.
- International Standards Organisation, et Electrotechnical International Commission. 2010. OpenEDI Reference Model. ISO/IEC 14662 :2010, Standard.
- ITU-T. 2012. User Requirements Notation (URN). Rapport, TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF ITU.
- Karastoyanova, D., et F. Leymann. 2009. « BPEL'n'Aspects : Adapting Service Orchestration Logic ». In *Web Services, 2009. ICWS 2009. IEEE International Conference on*, p. 222–229.
- Khalaf, R., D. Roller et F. Leymann. 2009. « Revisiting the Behavior of Fault and Compensation Handlers in WS-BPEL ». In *Confederated International Conferences*, p. 286–303. Springer-Verlag.
- Kiczales, G., J. Lamping, A. Mendhekar, C. Maeda, C. Lopes, J.-M. Loingtier et J. Irwin. 1997. « Aspect-Oriented Programming ». In *11th European Conference on Object-Oriented Programming*, p. 220–242.
- Kienzle, J. 2008. « On exceptions and the software development life cycle ». In *Proceedings of the 4th international workshop on Exception handling - WEH '08*, p. 32–38, New York, New York, USA. ACM Press.
- Klein, M., et C. Dellarocas. 2000. « A Knowledge-based Approach to Handling Exceptions in Workflow Systems ». *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, vol. 9, p. 399–412.
- Kosiuczenko, P. 2011. « Specification of invariability in OCL ». *Software & Systems Modeling*, vol. 12, no. 2, p. 415–434.
- Kovács, M., D. Varró et L. Gönczy. 2008. « Formal analysis of BPEL workflows with compensation by model checking ». *International Journal of Computer Systems Science & Engineering*, p. 35–49.
- Kuo, D., A. Fekete, P. Greenfield, J. Jang et D. Palmer. 2003. « Just what could possibly go wrong in B2B integration ? ». In *Proceedings 27th Annual International Computer Software and Applications Conference. COMPAC 2003*, p. 544–549. IEEE Comput. Soc.
- Lenat, D., R. V. Guha, K. Pittman, D. Pratt et M. Shepherd. 1990. « Cyc : Toward

- Programs with Commonsense ». *Communications of the ACM*, vol. 33, no. 8, p. 30–49.
- Lerner, B. S., S. Christov, L. J. Osterweil, R. Bendraou, U. Kannengiesser et A. Wise. 2010. « Exception Handling Patterns for Process Modeling ». *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 36, no. 2, p. 162–183.
- Leshob, A., H. Mili et A. Boubaker. 2014. « REA-based Business Process Adaptation ». In *The 11th IEEE International Conference on e-Business Engineering*, Guangzhou, China. IEEE.
- Liu, C., Y. Xu, F. Deng, J. Xiu et Z. Lu. 2010. « A rule-based exception handling approach in SOA ». In *2010 International Conference on Computer Application and System Modeling (ICCA SM 2010)*, no Iccasm, p. V1–137–V1–141. IEEE.
- Lohmann, N. 2007. « A Feature-Complete Petri Net Semantics for WS-BPEL 2.0 and its Compiler BPEL20WFN ». In *Proceedings of the Workshop on Formal Approaches to Business Processes and Web Services (FABPWS'07)*, sous la dir. de K. {van}. Hee, W. Reisig et K. Wolf, no 1, p. 21–35. University of Podlasie.
- Lomet, D. B. 1977. « Process structuring, synchronization, and recovery using atomic actions ». In *Proceedings of an ACM conference on Language design for reliable software*. ACM.
- Love, J. 2007. *Process Automation Handbook : a guide to theory and practice*. Springer-Verlag London.
- Luo, Z., A. Sheth, K. Kochut et B. Arpinar. 2003. « Exception Handling for Conflict Resolution in Cross-Organizational Workflows ». *Distributed and Parallel Databases*, vol. 13, no. 3, p. 271–306.
- Lyu, M. R. 2007. « Software Reliability Engineering : A Roadmap ». In *Future of Software Engineering FOSE'07*, p. 153–170.
- Lyu, M. R., et X. Cai. 2007. *Fault Tolerant Software BT - Wiley Encyclopedia of Computer Science and Engineering*. Coll. « Wiley Encyclopedia of Computer Science and Engineering ». John Wiley & Sons, Inc.
- Maggi, F. M., C. Di Francescomarino, M. Dumas et C. Ghidini. 2013. « Predictive Monitoring of Business Processes ». *arXiv.org*, vol. cs.SE.
- Malone, T. W., K. Crowston, J. Lee et B. Pentland. 1993. « Tools for inventing organizations : toward a handbook of organizational processes ». In *Enabling Technologies : Infrastructure for Collaborative Enterprises, 1993. Proceedings., Second Workshop on*, p. 72–82.
- Malone, T. W., K. Krowston et G. A. Herman. 2003. *Organizing Business Knowledge : The MIT Business Process Handbook*. The MIT Press.

- McCarthy, W. E. 1982. « The REA Accounting Model - A Generalized Framework for Accounting Systems in a Shared Data Environment ». *The Accounting Review*, vol. 57, no. 3, p. 554–578.
- McCormack, K. P., et W. C. Johnson. 2001. *Business Process Orientation : Gaining the E-Business Competitive Advantage*. CRC Press.
- Mending, J., et M. Strembeck. 2008. « Influence Factors of Understanding Business Process Models ». In *Business Information Systems - BIS 2008*. T. 7, p. 142–153.
- Mili, H., R. Godin, G. Tremblay et W. Dorfeuille. 2006. « Towards a Methodology for Designing Compensation Processes in Long-Running Business Transactions ». In *Montreal Conference on eTechnologies (MCETECH'2006)*, p. 137–148, Montreal.
- Mili, H., G. Tremblay, G. B. Jaoude, É. Lefebvre, L. Elabed et G. E. Boussaidi. 2010. « Business process modeling languages : Sorting through the alphabet soup ». *ACM Computing Surveys*, vol. 43, no. 1, p. 1–56.
- Moss, J. E. B. 1987. « Log-Based Recovery for Nested Transactions ». In *VLDB '87 : Proceedings of the 13th International Conference on Very Large Data Bases*. Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Neiger, D., et L. Churilov. 2004. « Goal-Oriented Business Process Engineering Revisited : a Unifying Perspective. ». In *Workshop on Computer Supported Activity Coordination*, no 2004, p. 149–163.
- Neiger, D., L. Churilov et A. Flitman. 2009. *Value-Focused Business Process Engineering : A systems Approach*. T. 1. Springer.
- Nilsson, A. G., C. Nellborn et C. Tolis. 1999. *Perspectives on Business Modelling*. Springer-Verlag New York, 1st édition.
- OASIS. 2007. Web Services Business Process Execution Language (BPEL). https://www.oasis-open.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=wsbpel.
- OASIS, et UN/CEFACT. 2001. ebXML Business Process Specification Schema Version 1.01. <http://www.ebxml.org/specs/>.
- Object Management Group. 2014. Object Constraint Language (OCL), Version 2.4. <http://www.omg.org/spec/OCL/2.4/>.
- Object Management Group (OMG). 2011. Business Process Model and Notation (BPMN). <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/>.
- . 2014. Case Management Model And Notation (CMMN).
- . 2015. Value Delivery Modeling Language (VDML) v.1.0. <http://www.omg.org/spec/VDML/1.0/>.
- Osterwalder, A. 2004. « The Business Model Ontology ». Thèse de Doctorat, Université

de Lausanne École des Hautes Études Commerciales.

- Osterwalder, A., Y. Pigneur et C. L. Tucci. 2005. « Clarifying business models : Origins, present, and future of the concept ». *Communications of the Association for Information Systems*, vol. 16, no. 1, p. 1–25.
- Ouyang, C., M. Dumas, A. H. ter Hofstede et W. M. P. van der Aalst. 2007. « Pattern-based Translation of BPMN Process Models to BPEL Web Services ». *International Journal of Web Services Research*, p. 206–219.
- Papazoglou, M. P. 2003. « Web Services and Business Transactions ». *World Wide Web*, vol. Vol. 6, no. Number 1, p. 49–91.
- Pelliccione, P., H. Muccini, N. Guelfi et A. Romanovsky. 2010. *An Introduction to Software Engineering and Fault Tolerance BT - Software Engineering of Fault Tolerant Systems*. Coll. « Software Engineering of Fault Tolerant Systems », p. 1–30. Series on Software Engineering and Knowledge Eng.
- Pijpers, V., et J. Gordijn. 2007a. « e3competences : Understanding core competences of organizations ». In *Workshops and Doctoral Consortium of the 19th International Conference on Advanced Information Systems Engineering*, p. 445–452, Trondheim, Norway. Tapir Academic Press.
- . 2007b. « E3Forces : Understanding Strategies of Networked E3Value Constellations By Analyzing Environmental Forces ». In *19th international conference on Advanced information systems engineering*, p. 188–202, Trondheim, Norway.
- . 2008. « Consistency checking between value models and process models : A best-of-breed approach ». In *Third International Workshop Business/IT Alignment and Interoperability (BUSITAL)*, p. 58–72, Montpellier, France.
- Pijpers, V., J. Gordijn et H. Akkermans. 2009. « e3alignment : Exploring inter-organizational alignment in networked value constellations ». *International Journal of Computer Science and Applications*, vol. 6, no. 5, p. 59–88.
- Pitschke, J. 2011. « Integrating Business Process Models and Business Logic : BPMN and The Decision Model ». In *BPMN2011*, p. 148–153.
- Porter, M. E. 1985. *Competitive advantage : Creating and Sustaining Superior Performance*. New York, New York, USA : The Free P.
- Pourshahid, A., I. Johari, G. Richards, D. Amyot et O. S. Akhigbe. 2014. « A goal-oriented, business intelligence-supported decision-making methodology ». *Decision Analytics*, vol. 1, no. 1, p. 9.
- Rabbi, F., H. Wang, W. MacCaull et A. Rutle. 2013. « A Model Slicing Method for Workflow Verification ». *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, vol. 295, p. 79–93.

- Randell, B. 1975. « System Structure for Software Fault Tolerance ». In *International conference on Reliable software*. T. 10, p. 1–13.
- Randell, B., A. Romanovsky, C. M. F. Rubira-Calsavara, R. J. Stroud, Z. Wu et J. Xu. 2003. « From Recovery Blocks to Concurrent Atomic Actions », p. 1–19.
- Rao, J., et X. Su. 2005. « A Survey of Automated Web Service Composition Methods ». In *Semantic Web Services and Web Process Composition, 2004*, p. 43–54, San Diego, USA. Springer Berlin Heidelberg.
- Recker, J., M. Indulska, M. Rosemann et P. Green. 2006. « How good is BPMN actually? Insights from practice and theory ». In *14th European Conference on Information Systems*, p. 1582–1593.
- Ritter, D., H. Platform, S. A. P. Ag et J. Sosulski. 2014. « Modeling Exception Flows in Integration Systems ». In *18th International Enterprise Distributed Computing Conference*, p. 12–21.
- Russell, N., W. M. P. van der Aalst et A. Hofstede. 2006. « Workflow Exception Patterns ». In *18th International Conference on Advanced Information Systems Engineering, CAiSE 2006*, p. 288–302. Springer Berlin / Heidelberg.
- Sadiq, S., G. Governatori et K. Namiri. 2007. « Modeling Control Objectives for Business Process Compliance ». *5th International Conference, BPM 2007, Brisbane, Australia, September 24-28, 2007.*, p. 149–164.
- Sheth, A., et M. Rusinkiewicz. 1993. « On Transactional Workflows ». *IEEE Data Engineering Bulletin*, vol. 16, no. 2, p. 1–4.
- Sonntag, M., et D. Karastoyanova. 2011. « Compensation of Adapted Service Orchestration Logic in BPEL'n'Aspects ». In *Business Process Management 9th International Conference, BPM 2011*, p. 413–428. Springer Berlin / Heidelberg.
- Stahl, C. 2005. A Petri Net Semantics for BPEL. Rapport, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin.
- Thaisongsuwan, T., et T. Senivongse. 2011. « Applying software fault tolerance patterns to WS-BPEL processes ». In *Computer Science and Software Engineering (JCSSE), 2011 Eighth International Joint Conference on*, p. 269–274.
- The Open Group. 2011. TOGAF Standard, Version 9.1. Rapport.
- Thomas, O., et M. Fellmann. 2007. « Semantic EPC : Enhancing Process Modeling Using Ontology Languages ». In *Semantic Business Process and Product Lifecycle Management SBPM2007*, p. 64–75, German Research Center for Artificial Intelligence.
- Ting, K. M. 2010. « Precision and Recall ». *Encyclopedia of Machine Learning*, p. 781.
- Tip, F. 1995. « A Survey of Program Slicing Techniques ». *Journal of programming*

- languages*, vol. 3, no. 3, p. 121–189.
- Torres Pomales, W. 2000. *Software Fault Tolerance : A Tutorial*. Rapport, Langley Research Center.
- Tsai, W. T., Q. Huang, J. Xu, Y. Chen et R. Paul. 2007. « Ontology-based dynamic process collaboration in service-oriented architecture ». *IEEE International Conference on Service-Oriented Computing and Applications (SOCA '07)*, p. 39–46.
- United Nations. 2005. *Central Product Classification (CPC)*. Rapport, United Nations.
- United Nations Centre for Trade Facilitation and Electronic Business. 2003. *UN/CEFACT Modeling Methodology (UMM) User Guide Table of Contents*. Rapport, UN/CEFACT.
- van der Aalst, W. M. P., A. Hirnschall et H. M. W. Verbeek. 2002. « An Alternative Way to Analyze Workflow ». In *CAiSE'02*, p. 535–552. Springer-Verlag.
- van der Aalst, W. M. P., et A. H. M. ter Hofstede. 2005. « YAWL : yet another workflow language ». *Information Systems*, vol. 30, no. 4, p. 245–275.
- Van Lamsweerde, A. 2001. « Goal-oriented requirements engineering : A guided tour ». In *Requirements Engineering, 2001. Proceedings. Fifth IEEE International Symposium on*, p. 249–262. IEEE.
- Van Lamsweerde, A., et E. Letier. 2004. « From object orientation to goal orientation : A paradigm shift for requirements engineering ». *Radical Innovations of Software and Systems Engineering in the Future*, p. 325–340.
- Veit, D., E. Clemons, A. Benlian, P. Buxmann, T. Hess, D. Kundisch, J. M. Leimeister, P. Loos et M. Spann. 2014. « Business Models ». *Business & Information Systems Engineering*, vol. 6, no. 1, p. 45–53.
- Vom Brocke, J., J. Mendling et J. C. Recker. 2008. « Towards a value-oriented approach to business process modelling ». In *Information Systems*, no June, p. 12–16. International Conference on Enterprise Information Systems.
- Wang, T., J. Vonk, B. Kratz et P. Grefen. 2008. « A survey on the history of transaction management : from flat to grid transactions ». *Distributed and Parallel Databases*, vol. 23, no. 3, p. 235–270.
- Weigand, H., P. Johannesson, B. Andersson et M. Bergholtz. 2009. « Value-Based Service Modeling and Design : Toward a Unified View of Services ». In *Advanced Information Systems Engineering 21st International Conference (CAiSE2009)*. T. 5565, p. 410–424, Amsterdam, The Netherlands.
- Weill, P., et M. R. Vitale. 2001. *Place to space : Migrating to eBusiness Models*. Boston : Harvard Business School Press.

- Weiser, M. 1984. « Program Slicing ». *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. SE-10, no. 4, p. 352–357.
- Weske, M. 2012. *Business Process Management : Concepts, Languages, Architectures*. Springer, 2e édition.
- Wieringa, R., V. Pijpers, L. Bodenstaff et J. Gordijn. 2008. « Value-driven coordination process design using physical delivery models ». In *27th International Conference on Conceptual Modeling ER2008*, p. 216–231, Barcelona. Springer Berlin / Heidelberg.
- Wohed, P., W. M. P. van der Aalst, M. Dumas, H. M. ter Hofstede et N. Russell. 2006. « On the suitability of BPMN for business process modelling ». *Proceedings of the 4th International Conference, BPM 2006*, p. 161–176.
- Xu, J., A. Romanovsky et B. Randell. 2000. « Concurrent exception handling and resolution in distributed object systems ». *Parallel and Distributed Systems, IEEE Transactions on*, vol. 11, no. 10, p. 1019–1032.
- Ye, Y., Z. Jiang, X. Diao et G. Du. 2011. « Extended event-condition-action rules and fuzzy Petri nets based exception handling for workflow management ». *Expert Systems with Applications*, vol. 38, no. 9, p. 10847–10861.
- Yu, E. S. K., et J. Mylopoulos. 1996. « Using Goals, Rules and Methods to Support Reasoning in Business Process Reengineering ». *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, vol. 5, no. 1, p. 1–13.
- Yu, S. C. 1976. *The Structure of Accounting Theory*. The University Press of Florida.
- Zdravkovic, J., et T. Ilayperuma. 2010. « A Model-Driven Approach for Designing E-Services Using Business Ontological Frameworks ». *2010 14th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference*, p. 121–130.
- Zlatev, Z., et A. Wombacher. 2005. « Consistency between e 3-value models and activity diagrams in a multi-perspective development method ». In *OTM Confederated International Conferences*, p. 520–538, Agia Napa, Cyprus. Springer.