

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

Université Saâd DAHLEB de Blida

Faculté des sciences

Département d'informatique



Mémoire présenté par :

Ramdane Ichrak

Ramdane Maroua

En vue d'obtenir le diplôme de Master

Domaine : Mathématique et Informatique

Filière : Informatique

Spécialité : Informatique

Option : Ingénierie de logiciel

**Sujet : Modélisation BPMN des processus collaboratifs inter-
organisationnels**

Soutenu le 26 Septembre 2016, devant le jury composé de :

Mme. Mancer Yasmine

Présidente

Mme. Ouahrani Leila

Examinatrice

M. Kameche Abdallah Hichem

Promoteur

Mme. Semar-Bitah Kahina

Encadrante

Promotion

2015/ 2016

Dédicace

A mes très chers parents

*Je vous dois ce que je suis aujourd'hui grâce à votre amour, à votre patience et
vos innombrables sacrifices.*

À ma cher sœur jumelle Maroua

A mes adorables frères: Zakaria, Ayoub et Souhaib.

À mes amis avec qui j'ai partagé des moments les plus agréables.

*À tous ceux qui sont chères, proches de mon cœur, et à tous ceux qui m'aiment
et qui aurait voulu partager ma joie ...*

Ramdane Ichrak

Dédicace

A mes très chers parents

Je vous dois ce que je suis aujourd'hui grâce à votre amour, à votre patience et vos innombrables sacrifices.

À ma cher sœur jumelle Ichrak

A mes adorables frères: Zakaria, Ayoub et Souhaib.

À mes amis avec qui j'ai partagé des moments des plus agréables.

À tous ceux qui sont chères, proches de mon cœur, et à tous ceux qui m'aiment et qui aurait voulu partager ma joie ...

Ramdane Maroua

Remerciements

On tient à remercier Dieu tout puissant de nous avoir permis de mener à bien notre mission

Un grand merci à notre encadreuse Mme. SEMAR-BITAH Kahina pour leur encadrement continu, pour les remarques constructives qu'elle nous a fournies ainsi que pour leur précieux conseil durant toute la période de stage.

On remercie également M. Kameche Abdallah Hichem pour avoir encadré ce travail. On le remercie aussi pour ses conseils et ses encouragements.

On tient aussi à remercier le Centre De Développement Des Technologies Avancées (CDTA) pour l'accueil qui nous a été réservé et la mission qui nous a été confiée.

Mes remerciements s'adressent aussi aux membres du Jury pour nous avoir honorés en consentant à juger notre travail.

Enfin, on tient à présenter nos remerciements les plus sincères à notre famille, nos parents et nos frères pour leur soutien, encouragements et conseils tout au long de la préparation de ce mémoire.

Résumé

De nos jours, les organisations opèrent dans un environnement de plus en plus évolutif, compétitif et nécessite un développement technologiques. Dans cet effet, les organisations cherchent à améliorer leurs capacités afin de rester à l'écoute de leurs clients. Une des solutions est de collaborer avec d'autres partenaires afin de répondre aux exigences et aux changements continuels du marché. Cette collaboration qui représente l'ensemble d'interaction et d'échange entre ces organisations est représentée par le processus collaboratif inter-organisationnel. Ce dernier doit exprimer les besoins de collaboration il doit donc être bien planifié et aussi bénéfique, afin que les partenaires s'y intègrent et cherchent à le maintenir. Parmi les formalismes de modélisation qui nous permettant la modélisation de ce processus collaboratif inter-organisationnel est le formalisme BPMN. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail. Ce dernier a pour objectif de mettre en œuvre un éditeur graphique permettant de visualiser les modèles BPMN de processus collaboratifs inter-organisationnels obtenus après la transformation ATL des modèles UML. L'éditeur se base sur un méta-modèle du processus collaboratif inter-organisationnel que nous avons conçu. Ce méta-modèle couvre un nombre important de concepts relatifs au domaine de la collaboration et aux processus collaboratifs inter-organisationnels en respectant la notation BPMN.

Mots clés : collaboration inter-organisationnelle, processus collaboratif, ingénierie dirigée par les modèles, BPMN, règles de transformation, ATL, GMF.

Abstract

Nowadays, organizations operate in an increasingly changing environment, competitive and require a technological development. In this effect, organizations are looking to improve their capacities to stay tuned to their clients. One of the solutions is to collaborate with other partners to meet the requirements and continually market changes. This collaboration which represents the set of interaction and exchange between these organizations is represented by the inter-organizational collaborative process. Thus the latter has to express the collaboration needs so it must be well planned and beneficial, so that the partners become integrated into it and try to maintain it. Among the modeling formalism that we allow the modeling of this inter-organizational collaborative process is BPMN formalism. In this context, we consider our work. This latter has aims to implement a graphics editor for visualizing the BPMN models of inter-organizational collaborative processes obtained after the ATL transformation of UML models. The editor is based on a meta-model of the inter-organizational collaborative process that we conceived. This meta-model covers an important number of concepts relating to the domain of collaboration and to the inter-organizational collaborative process by respecting the BPMN notation.

Keywords: inter-organizational collaboration, collaborative process, Model Driven Architecture, BPMN, transformation rules, ATL, GMF.

ملخص

في الوقت الحاضر، تعمل المنظمات في بيئة متغيرة على نحو متزايد، تنافسية وتتطلب تطور تكنولوجي. في هذا الصدد، تعمل المنظمات لتحسين قدراتها للاستمرار في تلبية متطلبات عملائها. أحد الحلول هو العمل مع شركاء آخرين لتلبية متطلبات ومتغيرات السوق المستمرة. هذا التعاون عبارة عن مجموعة من التفاعلات والتبادلات بين هذه المنظمات يمثل بالعملية التعاونية المشتركة. هذه الأخيرة التي تعبر عن متطلبات هذا التعاون يجب أن يتم التخطيط لها بشكل جيد ومفيد أيضا. لكي تناسب جميع الشركاء فينظموا لهذا التعاون. من بين الشكليات التي تسمح لنا بنمذجة هذه العملية التعاونية المشتركة بين المنظمات هي شكلية الـ BPMN. في هذا الإطار يتمحور عملنا. هذا الأخير من أهدافه تنفيذ محرر الرسومات لعرض نماذج الـ BPMN للعمليات التعاونية المشتركة بين المنظمات التي تم الحصول عليها بعد تحويل الـ ATL لنماذج الـ UML. ويستند محرر الرسومات على ميثا نموذج للعملية التعاونية المشتركة بين المنظمات الذي قمنا بتصميمه. هذا الميثا نموذج يغطي عدد هام من المفاهيم ذات صلة بمجال التعاون والعملية التعاونية المشتركة بين المنظمات مع احترام تدوين الـ BPMN.

الكلمات المفتاحية : التعاون بين المنظمات، العملية التعاونية، الهندسة الموجهة بالنماذج BPMN,MDA , قواعد التحويل
. GMF,ATL

Glossaire

ADT	ATL Development Tools
ATL	Atlas Transformation Language
BPMN	Business Process Model and Notation
CIM	Computation Independent Model
GEF	Graphical Editing Framework
GMF	Graphical Modeling Framework
IDE	Integrated Development Environment/ Environnement de développement
MDA	Model Driven Architecture/architecture dirigée par les modèles
MDE/IDM	Model Driven Engineering/ Ingénierie Dirigée par les Modèles
MOF	Meta-Object Facility
OCL	Object Constraint Language
OMG	Object Management Group
PIM	Platform Independent Model
PSM	Platform Specific Model
SOA	Service Oriented Architecture/architecture orientée service
UML	Unified Modeling Language
XMI	XML Metadata Interchange
XML	Extensible Markup Language

Table des matières

Introduction générale.....	18
Chapitre 1. État de l'art sur la collaboration inter-organisationnelle	
1. Introduction	23
2. L'organisation	23
2.1. Définition	23
2.2. Types d'organisation	24
2.3. Les caractéristiques d'une organisation.....	24
2.4. Les ressources	25
2.5. Les objectifs d'une organisation	25
2.6. Relations inter-organisationnelles	26
2.6.1. Relation horizontale	26
2.6.2. Relation verticale	26
2.6.3. Relation transversale	26
3. La collaboration inter-organisationnelle	27
3.1. Définitions	27
3.2. Les caractéristiques de la collaboration inter-organisationnelle	29
3.3. Les niveaux de collaboration inter-organisationnelle	30
3.3.4. Communication	30
3.3.5. Coordination	30
3.3.6. Coopération	31
3.3.7. Intégration	31
4. La topologie de réseau de collaboration	31
4.1 Topologie en chaine	31
4.2 Topologie en étoile	32
4.3 Topologie peer-to-peer	32
5. Le Processus métier	32
5.1. Définitions	32
5.2. Les concepts liés à l'entité processus métier.....	34

6. Le processus collaboratif	37
6.1. Définitions	37
6.2. Type de processus collaboratif	38
6.2.1. Les processus collaboratifs privés (abstrait)	38
6.2.2. Les processus collaboratifs publics	39
7. La modélisation de processus collaboratif	40
7.1. Définition de modélisation	40
7.2. Objectifs de modélisation	40
7.3. Les formalismes de modélisation	40
7.3.1 Les Formalismes primaires	41
7.3.2 Les Formalismes évolués	41
7.4. Le choix de BPMN comme un langage de modélisation de processus collaboratif inter-organisationnel	43
8. Conclusion	44

Chapitre 2. Présentation D'Ingénierie Dirigée par les Modèles

1. Introduction	46
2. Ingénierie Dirigée par les Modèles (IDM / MDE)	47
2.1. Les concepts fondamentaux de l'IDM	47
2.1. 1. Modèle	47
2.1. 2. Méta Modèle	48
2.1. 3. Méta-métamodèle	48
2.2. La modélisation et la métamodélisation	49
3. L'Architecture Dirigée par les Modèles (Model Driven Architecture MDA)	50
3.1. Présentation de l'approche MDA	50
3.2. Les niveaux de Modèles dans MDA	51
3.3. La transformation des modèles	52
3.3.3.1 Définition de la transformation	52
3.3.3.2 Mise en œuvre d'une transformation	53
3.3.3.2.1 La définition des règles de transformation	53
3.3.3.2.2 Le choix d'un outil de transformation	54
3.3.3.2.3 L'exécution des règles de transformation	54
3.4 Le choix de l'utilisation de l'approche MDA	54

4. Conclusion	56
---------------------	----

Chapitre 3. Présentation de métamodèle BPMN du processus collaboratif inter-organisationnel

Partie I : Étude comparative

1. Introduction	59
2. Synthèse des travaux existants	59
3. Notre contribution	64

Partie II : Conception de méta-modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel

4. Description du métamodèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel...	72
5. Conclusion	81

Chapitre 4. Implémentation des règles de transformation & de l'éditeur du modèle BPMN du processus collaboratif inter-organisationnel

1. Introduction	83
2. Architecture technique générale	83
3. Environnement et outils de travail	84
3.1. L'environnement de développement Eclipse	84
3.2. Le framework GMF	84
3.2.1. EMF	85
3.2.2. GEF	86
3.3. Atlas Transformation language ATL.....	86
3.3.1. Présentation de l'ATL	86
3.3.2. Choix d'ATL	88
4. La transformation du modèle UML en modèle BPMN	89
4.1. Le mappage entre les concepts des métamodèles	90
4.2. La description des règles de transformation.....	91
4.3. Implémentation des règles de transformation : du modèle UML au modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel	105
4.3.1. Objectifs	105
5. Présentation de l'éditeur BPMN du processus collaboratif inter-organisationnel.....	114
5.1. Objectifs	114
5.2. Implémentation	114

5.3. Fonctionnalités	121
6. Application d'un cas d'utilisation	124
7. Conclusion	130
Conclusion générale	131
Bibliographie	133
Annexe A	
Annexe B	
Annexe C	

Table des figures

Chapitre 1. État de l'art sur la collaboration inter-organisationnelle

Figure I.1 : Méta modèle du processus métier (Morley,Hughes, Leblanc,&Hugues,2007)....	34
Figure I.2 : Illustration de deux processus collaboratifs privés (Mallek, 2011).....	38
Figure I.3 : Illustration d'un processus collaboratif public (Mallek, 2011).....	39

Chapitre 2. Présentation D'Ingénierie Dirigée par les Modèles

Figure II.1. La démarche de notre travail.....	46
Figure II.2. L'architecture 3+1 adaptée de (Bézivin, 2005).....	49
Figure II.3. Le cycle de développement en Y (Firas Bacha, 2013).....	51
Figure II.4. Principe de la transformation des modèles en IDM (Touzi, 2007).....	53

Chapitre 3. Présentation de métamodèle BPMN du processus collaboratif inter-organisationnel

Figure III.1. Méta-modèle de processus collaboratif (J. Touzi, 2007)	60
Figure III.2. L'aspect fonctionnel et comportemental de métamodèle (Z.Alimazighi, et al., 2010).....	61
Figure III.3. Métamodèle de crise(S .Truptil, 2011)	62
Figure III.4. Méta modèle de processus collaboratif en BPMN (SAIB, et al., 2013)	63
Figure III.5. Un exemple d'un modèle de processus collaboratif en BPMN.....	65
Figure III.6. Le métamodèle BPMN de processus Collaboratif inter-organisationnel.....	73
Figure III.7. Diagramme représentant la notion de Processus Collaboratif.....	74
Figure III.8. Diagramme représentant la notion de Sous Processus Collaboratif.....	75
Figure III.9. Diagramme représentant les notions relatives au Sous Processus Collaboratif...	76
Figure III.10. Diagramme représentant la notion de Processus Détaillé.....	78
Figure III.11. Diagramme représentant la notion de l'activité.....	79
Figure III.12. Diagramme représentant la notion de MessageFlow.....	80

Chapitre 4. Implémentation des règles de transformation & de l'éditeur du modèle BPMN du processus collaboratif inter-organisationnel

Figure IV.1. Architecture technique de notre approche.....	83
Figure IV.2. Un aperçu de la transformation du modèle (ATLAS-INRIA et LINA, 2006) ...	88
Figure IV. 3 La transformation de modèle UML vers modèle BPMN.....	89
Figure IV.4 Description de Règle 1 de transformation en ATL.....	91
Figure IV.5 Description de Règle 2 de transformation en ATL.....	92
Figure IV.6 Description de Règle 3 de transformation en ATL.....	93
Figure IV.7 Description de Règle 4de transformation en ATL.....	93
Figure IV.8 Description de Règle 5 de transformation en ATL.....	94
Figure IV.9 Description de Règle 6 et règle 7 de transformation en ATL.....	95
Figure IV.10 Description de Règle 8 de transformation en ATL.....	95
Figure IV.11 Description de Règle 9 de transformation en ATL.....	96
Figure IV.12 Description de Règle 10 de transformation en ATL.....	96
Figure IV.13 Description de Règle 11 de transformation en ATL.....	97
Figure IV.14 Description de Règle 12 de transformation en ATL.....	98
Figure IV.15 Description de Règle 13 de transformation en ATL.....	99
Figure IV.16 Description de Règle 14 de transformation en ATL.....	100
Figure IV.17 Description de Règle 15 de transformation en ATL.....	101
Figure IV.18 Description de Règle 16 de transformation en ATL.....	101
Figure IV.19 Description de Règle 17 de transformation en ATL.....	102
Figure IV. 20 Description de Règle 18 de transformation en ATL.....	102
Figure IV.21 Description de Règle 19 de transformation en ATL.....	103
Figure IV. 22 Description de Règle 20 de transformation en ATL.....	103
Figure IV. 23 Description de Règle 21 de transformation en ATL.....	104
Figure IV.24. Description de Règle 22 de transformation en ATL.....	104
Figure IV.25 Description de Règle 23 de transformation en ATL.....	105
Figure IV.26. Aperçu de transformation du modèle UML au modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel.....	106
Figure IV.27. Le métamodèle UML du processus Collaboratif modélisé avec l'éditeur EMF d'Eclipse.....	107
Figure IV.28. Un exemple du modèle UML de processus collaboratif vu par l'éditeur XML.....	108

Figure IV.29. Le métamodèle BPMN du Processus Collaboratif Inter-organisationnel modélisé avec l'éditeur EMF d'Eclipse.....	109
Figure IV.30. Aperçu de fichierTransformationUML2BPMN.atl.....	110
Figure IV.31. Exemple UML de modèle BPMN du processus collaboratif inter organisationnel.....	111
Figure IV.32. Aperçu d'interface de l'application de transformation des modèle.....	111
Figure IV.33 Importation du modèle UML du processus collaboratif.....	112
Figure IV.34 Transformation du modèle UML du processus collaboratif.....	113
Figure IV.35 Enregistrement du modèle BPMN du processus collaboratif.....	113
Figure IV.36. Les modèles requis par GMF.....	114
Figure IV.37. Le modèle de domaine de l'éditeur de modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel.....	115
Figure IV.38. Le modèle de génération de l'éditeur de modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel.....	116
Figure IV.39. Le modèle graphique de l'éditeur de modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel.....	117
Figure IV.40. Le modèle d'outils de l'éditeur de modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel.....	118
Figure IV.41. Le modèle d'association de l'éditeur de modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel.....	119
Figure IV.42. Le modèle de génération de l'éditeur de modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel.....	120
Figure IV.43. Diagramme de cas d'utilisation de l'éditeur des modèles BPMN de processus collaboratifs inter-organisationnels.....	121
Figure IV.44. Vue d'ensemble de l'éditeur de modèle BPMN de processus collaboratif inter organisationnelle.....	122
Figure IV.45. La palette d'outils graphiques.....	123
Figure IV.46. La Transformation ATL du modèle UML vers le modèle BPMN du processus collaboratif construction des bâtiments.....	127
Figure IV.47. Diagramme BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel du processus Construction Bâtiment.....	129

Figure IV.48. Le fichier XML vu par l'éditeur de texte obtenu du processus collaboratif de construction des bâtiments.....130

Table des tableaux

Chapitre 3. Etat de l'art

Tableau III.1. Tableau comparative des travaux sur la modélisation de processus collaboratif.....	66
Tableau III.2. Tableau comparative des concepts utilisés pour la modélisation de processus collaboratif	67

Chapitre 4. Implémentation des règles de transformation & de l'éditeur du modèle BPMN du processus collaboratif inter-organisationnel

Tableau IV.1. Mappage entre les concepts du méta-modèles UML et BPMN.....	90
Tableau IV.2. Le processus collaboratif de construction d'un bâtiment.....	125

Introduction générale

Aujourd'hui, les organisations fonctionnent dans un environnement où les marchés sont plus ouverts, globalisés et concurrentiels. Il devient pratiquement impossible aux organisations d'évoluer individuellement et de faire face à la compétition qui devient de plus en plus acharnée. Les organisations doivent suivre les tendances du marché afin d'assurer leur survie et d'améliorer la qualité de leurs produits et/ou services. La collaboration inter-organisationnelle devient de ce fait une nécessité qui apporte plus de flexibilité à l'entreprise en lui permettant de répondre aux exigences et aux changements continuels du marché.

La collaboration entre les organisations représente l'ensemble des interactions et des échanges entre leurs différents processus métiers, y compris les échanges de données, des ressources, etc. La modélisation de ces types d'interactions organisationnelles a besoin de collecter les différents concepts liés à la collaboration inter-organisationnelle. Puis d'exploiter ces éléments afin de concevoir un métamodèle de processus collaboratif inter-organisationnel.

De nombreuses études ont été menées, ces dernières années, afin d'étudier la collaboration inter-organisationnelle et la modélisation de processus collaboratif. Le travail présenté dans ce mémoire, a été menée dans le cadre du projet CIO-Wf (Collaboration Inter-organisationnelle centrée Workflow) du CDTA. Ce projet se devise en trois principales parties (Semar-Bitah et Boukhalfa, 2014) (Semar-Bitah et Abbassene, 2014) :

- Première partie: L'exploitation des réseaux sociaux professionnels pour la recherche et la sélection des meilleurs partenaires de collaboration ainsi que la modélisation des contrats de cette collaboration (Semar-Bitah et Boukhalfa, 2016).
- Deuxième partie: La modélisation de la collaboration et du processus de collaboration inter-organisationnelle, en utilisant l'ingénierie des connaissances.
- Troisième partie: La mise en œuvre de ce processus de collaboration sur le Cloud.

Notre travail se positionne dans la deuxième partie du projet. Le but de cette partie est d'exploiter les connaissances extraites du réseau et des partenaires de la collaboration afin de concevoir un modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel pour qu'il soit exécuté par la suite dans la plateforme Cloud du CDTA.

Dans la littérature, il existe plusieurs formalismes permettant la modélisation de processus collaboratif. Nous nous intéressons au formalisme BPMN (Business Process Model and Notation) pour la modélisation de processus collaboratif inter-organisationnel car ce dernier couvre principalement les aspects fonctionnels et partiellement les aspects concernant l'organisation, l'information et les ressources du processus.

Notre objectif est de concevoir un méta-modèle de processus collaboratif inter-organisationnel décrivant les concepts relatifs au domaine de collaboration et ceux liés à la modélisation du processus collaboratif selon le formalisme BPMN. Sur la base de ce méta-modèle nous développons un éditeur graphique permettant de visualiser les modèles BPMN de processus collaboratifs. L'éditeur est une sorte d'espace de conception graphique permettant d'offrir une aide à la représentation graphique de modèles de processus collaboratifs en utilisant l'outil GMF (Graphical Modeling Framework) d'Eclipse.

D'une autre part, notre approche a besoin des connaissances sur l'environnement de la collaboration et le processus collaboratif en entrée est fourni en sortie un modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel. De ce fait, dans le cadre du projet CIO-Wf (Collaboration Inter-organisationnelle centrée Workflow) du CDTA, nous transformons au premier lieu un modèle UML de processus collaboratif inter-organisationnel en un modèle BPMN. Pour réaliser cette transformation, nous définissons des règles de transformation en utilisant le langage ATL (Atlas Transformation Language). Le modèle résultant sera visualisé par la suite par notre éditeur graphique.

Notre travail est basé sur l'approche MDA (Model Driven Architecture). C'est une approche de conception basée sur la transformation des modèles, supportant le développement de systèmes complexes et distribués. L'approche MDA est basée sur la transformation de modèles, de sorte que la construction du système soit un séquençement de modèles et de transformations entre ces modèles.

Le centre de développement des technologies avancées (CDTA) est un établissement public à caractère scientifique et technologique créé en 1982 (au sein du commissariat aux énergies nouvelles). Il a comme mission :

- Mener à bien des actions de recherche scientifique et d'innovation technologique.
- Participer à valorisation et la formation dans les domaines scientifiques et technologiques particulièrement la technologie de l'information, technologies industrielles, la robotique, application et technologie des lasers

Dans le cadre de ses missions, le CDTA participe et organise plusieurs évènements scientifiques à travers le monde. Offre des sujets de stage pour divers étudiants à divers niveaux, offre des sujets de master de recherche et doctorat. Tout en participant à la production de logiciels et de produits technologiques.

Ce mémoire est composé de quatre chapitres suivants :

Le premier chapitre porte sur les concepts : organisation, collaboration inter-organisationnelle, processus métier et les notions qui lui sont associées ainsi que le processus collaboratif inter-organisationnel.

Le deuxième chapitre présente tout d'abord l'Ingénierie Dirigée par les Modèles IDM et l'Architecture Dirigée par les Modèles MDA. Nous présentons cette approche et ses apports pour la conception de notre méta-modèle de processus collaboratif inter-organisationnel et la transformation des modèles.

Le troisième chapitre est consacré à une étude approfondie sur les processus collaboratifs inter-organisationnels et les différents modèles de processus collaboratif existant dans la littérature. Nous y présentons notre méta-modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel avec une description détaillée sur les différents concepts du méta-modèle proposé.

Le quatrième chapitre porte sur l'implémentation et l'expérimentation de notre approche. Nous nous intéressons particulièrement dans ce chapitre à la définition des règles de transformation afin de transformer le modèle UML de processus collaboratif en modèle BPMN. Puis à l'implémentation des règles de transformation en utilisant le langage ATL (Atlas Transformation Language) et l'application de transformation. Nous développons en

second lieu l'éditeur graphique qui nous permettra de visualiser le modèle BPMN du processus collaboratifs inter-organisationnel.

Puis, en clôture ce mémoire en donnant une conclusion et les perspectives de ce travail.

Enfin, ce mémoire comporte trois annexes, la première annexe A porte sur le formalisme de modélisation de processus BPMN. La deuxième annexe B consiste en une présentation de l'outil Papyrus que nous avons utilisé pour la conception de notre méta-modèle. La troisième annexe C présente le métamodèle UML et BPMN du processus collaboratif -organisationnel en Ecore diagramme.

Chapitre 1.

État de l'art sur la collaboration inter-organisationnelle

1. Introduction

La collaboration inter-organisationnelle présente un défi auquel les organisations sont confrontées afin de répondre aux exigences du marché. Cette collaboration tourne autour des processus métiers. En effet, l'émergence technologique et le nouvel ordre économique ouvrent de nouveaux horizons pour la collaboration des processus métiers. L'approche du processus métier s'est étendue pour décrire et gérer les relations entre plusieurs organisations. Dans ce cas, nous parlerons plus précisément de processus collaboratifs inter-organisationnels.

Dans ce chapitre, nous allons tout d'abord définir les concepts relatifs à l'organisation, à la collaboration inter-organisationnelle, et au processus métier, puis nous nous intéressons dans ce qui suit aux processus collaboratifs et le choix de BPMN pour modéliser ce dernier.

2. L'organisation

2.1. Définition

Dans la littérature, il existe plusieurs définitions du terme organisation. En effet, (C. Ménard, 1995) a défini l'organisation comme étant *un ensemble structuré de participants, coordonnant leurs ressources en vue d'atteindre des objectifs*.

Selon (G. Charreaux et J.-P. Pitol-Belin, 1992) *les organisations sont des systèmes sociaux créés par des individus afin de satisfaire, grâce à des actions coordonnées, certains besoins et d'atteindre certains buts*.

(Parashar&Browne, 2005) a définit l'organisation comme *une entité établie pour accomplir des objectifs en fournissant des ressources et des services*. Plusieurs auteurs sont considéré l'organisation comme un regroupement d'individu et d'autres comme un système. Dans notre travail, nous considérons l'organisation comme une entité qui a des objectifs bien déterminés, des compétences et fournie des ressources et des services.

2.2. Types d'organisation

En se basant sur le travail de (Romuald, 2010), trois types d'organisations peuvent être définis:

- **Les associations de bénéfice mutuel (Organisation à but non lucratif)**

Le but de ce type d'organisation est de satisfaire les adhérents qui sont les bénéficiaires principaux, par exemple : les clubs, les associations de bénévoles et les associations professionnelles.

- **Les entreprises commerciales**

Elles produisent des biens dont les destinataires sont ses clients, les bénéficiaires principaux du profit sont ses propriétaires, son but principal est la pérennité et le profit.

- **Les organisations d'intérêt public**

Elles sont des organisations qui produisent des services destinés au public qui est le bénéficiaire principal. Leur financement est généralement assuré par l'état, par exemple : les hôpitaux, les écoles, l'armée, la police ...

2.3. Les caractéristiques d'une organisation

Selon le tableau de (BARRAU, 2008), une organisation est caractérisée par une finalité, une nature des activités, un statut juridique, une constitution, un secteur d'activité et une taille.

La **finalité** d'une organisation est sa raison d'être, ce qui justifie son existence. Elle correspond aux buts principaux qu'elle s'est fixés à long terme ;

La **nature de l'activité** d'une organisation correspond à son métier ou à sa mission ;

Le **statut juridique** correspond à son appellation juridique. Il permet la reconnaissance légale de l'organisation comme étant une personne morale et lui confère des droits et des obligations propres ;

Une **constitution** (organisation individuelle ou groupe) : Une organisation individuelle n'est pas composée d'autres organisations. Une organisation de type groupe est filiale d'une organisation mère qui contrôle ou dirige les activités du groupe ;

Un **secteur d'activité** (spécifique et général) : caractérise l'organisation dans son contexte métier ;

La **taille** de l'organisation (son effectif, son CA) est déterminée selon une échelle allant de Petite à Grande, en se basant sur le nombre d'employés, le chiffre d'affaires, la part du marché et les particularités de l'organisation.

2.4. Les ressources

Pour fonctionner et réaliser leurs objectifs, les organisations ont besoin de ressources qui peuvent être de natures différentes (Sylvestre, 2016)

Les **ressources humaines** sont constituées des individus composant l'organisation ou participant à son activité afin de contribuer à la réalisation de ses objectifs. On trouve des bénévoles, des salariés, des fonctionnaires, des élus... selon l'organisation concernée.

Les **ressources financières** correspondent aux moyens mobilisés par l'organisation pour financer son fonctionnement ou ses investissements. Ces ressources peuvent être le fruit de l'impôt pour une collectivité territoriale, de dons pour une association...

Les **ressources matérielles et immatérielles** correspondent à l'ensemble des biens matériels (terrains, ordinateurs, véhicules...) et immatériels (recherche et développement, site Web, image de marque, brevet...) que possède l'organisation.

2.5. Les objectifs d'une organisation

Déterminer les buts d'une organisation est une priorité lors de sa construction, sans buts une organisation n'aura pas lieu. (Gerbier, 1987) a cité sept buts pour toute organisation:

- Améliorer la productivité.
- Améliorer la qualité des biens et des services.
- Maîtriser les délais.
- Améliorer la sécurité des biens et des personnes.
- Améliorer la qualité des informations.
- Améliorer la circulation de l'information et des réseaux de communication.

- Améliorer la qualité de la vie au travail.

2.6. Relations inter-organisationnelles

Les relations peuvent être définies comme des liens sociaux ou économiques entre les organisations (Forgues et al.2006). Il décrit comment les partenaires se connectent les uns aux autres. Différentes formes de relation inter-organisationnelles ont été présentées par (Paul Grefren ,2006), nous citons:

2.6.1. Relation horizontale (Compétition)

Concerne la collaboration entre les entreprises du même business ou industrie. Une collaboration de nature pair-to-pair (P2P). Les partenaires sont en compétition pour les ressources ou ils produisent les mêmes produits.

2.6.2. Relation verticale (relation le fournisseur-client)

Concernent la collaboration entre une entreprise et ses fournisseurs. Les entreprises sont reliées avec une certaine interdépendance. Elle se base sur le paradigme d'externalisation. Ce type de relations se trouve dans le domaine de l'industrie ou les entreprises se situent dans les différentes positions de la chaîne de production.

2.6.3. Relation transversale

Concernent les entreprises qui ne sont ni substituables ni essentiellement interdépendantes, mais ajoutant de la valeur réciproque. Les partenaires offrent des services qui seraient un avantage aux autres. Les partenaires établissent leur relation afin d'atteindre les mêmes intérêts, tels que le développement d'une technologie partagée. Ce sont des organisations inscrites dans différents secteurs ou domaines d'activités mais qui vont trouver un intérêt commun.

3. La collaboration inter-organisationnelle

3.1. Définitions :

Dans la littérature il existe plusieurs définitions de la collaboration. La synthèse de ces définitions permet d'avoir une idée claire et précise sur les concepts relatifs à cette dernière.

Selon (Robert, 1995) une collaboration est un travail en commun, un travail entre plusieurs personnes qui génère la création d'une œuvre commune.

La collaboration est l'action de travailler conjointement avec d'autres personnes (T. G. Partners, 2009). Elle a été définie comme une activité synchrone, coordonnée, qui est le résultat d'une tentative continue de construire et maintenir une conception partagée d'un problème et de sa solution (J. Roschelle and S. Teasley, 1994).

Dans un contexte général, une collaboration possède des objectifs, un langage et des expériences en commun, ainsi qu'un environnement. Les acteurs réalisent les activités afin d'atteindre des objectifs en commun de haut niveau.

La collaboration est composée de trois aspects : la réalisation conjointe de tâches, la coordination de composants distribués intervenants dans la collaboration, et un volet social comprenant les notions de confiance et d'identification des expertises (Jacobs, 2002).

La collaboration est définie comme l'interaction entre deux ou plusieurs individus et peut englober divers comportements, y compris la communication, le partage de l'information, la coordination, la coopération, la résolution de problèmes et la négociation (ICC, 1999).

Selon (Lambert, et al., 1999) la collaboration est définie comme un réseau de création de valeur collaborative impliquant un type particulier de relation entre les organisations, ce qui leur permet de partager les risques et les récompenses, et d'atteindre un plus haut niveau de performance que lorsque les organisations travaillent séparées.

Un réseau de création de valeur est dit collaboratif lorsque deux (ou plus) organisations indépendantes travaillent conjointement à la planification et l'exécution des opérations de

création de valeur, générant ainsi plus de succès que si elles travaillaient de manière isolée (Simatupang, et al., 2002).

La collaboration se produit quand des personnes de différentes organisations (ou unités au sein d'une organisation) produisent quelque chose ensemble grâce à l'effort, des ressources et la prise de décision communs, et le partage de la propriété du produit ou du service final (Linden, 2002).

La collaboration se produit lorsque divers groupes avec différents intérêts essaient de travailler ensemble pour formuler une politique ou résoudre un problème (ces initiatives ont souvent lieu dans les domaines d'utilisation des terres, d'environnement et des ressources naturelles). Ce sont généralement des initiatives adhoc, dans lesquelles les parties essaient d'utiliser des différentes méthodes de résolution alternatives (Snow, 1999).

(Thomson, 2001) définit la collaboration comme un processus dans lequel des acteurs autonomes interagissent par la négociation formelle et informelle, créant conjointement des règles et des structures qui régissent leurs relations et les façons d'agir ou décider sur les problèmes qui les a réunis ; c'est un processus impliquant des normes communes et des interactions mutuellement bénéfiques.

(Bozeman, et al.2014) définissent la collaboration comme un processus social par lequel les êtres humains mettent en commun leur expérience, connaissances et compétences sociales dans le but de produire de nouvelles connaissances, y compris le savoir intégré dans la technologie.

La collaboration est un processus dans lequel plusieurs autorités indépendantes coordonnent leurs stratégies et leurs décisions, résultant en la création de plans supérieurs à ceux qu'elles auraient pu produire sans s'être coordonnées (Kak, 2002).

Selon (Weiss, 2005) la collaboration peut être vue comme une technique pour permettre à un groupe d'individus d'être plus efficaces que la somme de leurs efficacités individuelles auquel cas on parle d'intelligence collective.

De plus, (Pollard, 2002) montre que collaborer est le fait de travailler avec des preneurs de décision au-delà des frontières de l'entreprise, de l'organisation et la technologie pour atteindre un avantage compétitif mutuel.

La collaboration est vue comme des structures organisationnelles et inter- organisationnelles où les ressources, le pouvoir et l'autorité sont partagés et où les individus se réunissent pour atteindre des objectifs communs qui ne pourraient être accomplis par un seul individu ou une organisation indépendante (Bruner, 1992).

3.2. Les caractéristiques de la collaboration inter-organisationnelle

Au travers les définitions mentionnées ci-dessus, nous pouvons déduire les caractéristiques suivantes de la collaboration inter-organisationnelle :

- Groupe d'au moins deux organisations ou un ensemble de divers groupes avec divers intérêts qui sont reliées par des relations;
- Elle possède des buts et des objectifs communs, partagés, ou décidés conjointement lesquels sont généralement une plus grande performance, plus d'efficacité, bénéfice mutuel ou d'obtenir un avantage compétitif ;
- Elle implique les preneurs de décision;
- L'utilisation d'un ensemble de méthodologies, des outils, partage des médias;
- Elle repose sur la planification, l'exécution conjointe des opérations, et la coordination des décisions. Ainsi, la création conjointe des règles et des structures qui régissent la relation des partenaires;
- Elle comporte la communication, synchronisation, négociation, coopération et la résolution de problèmes survenant dans un travail de groupe;
- La collaboration est basée sur la notion de partage des efforts, de l'information, des ressources, des expériences, des risques et des responsabilités.

Afin d'englober autant que possible des connaissances sur les caractéristiques de collaboration, nous adopterons la vision de (Rajsiri, 2009) qui considère l'établissement d'une collaboration et conduit à la mise en place d'un réseau de collaboration. Il introduit les caractéristiques suivantes:

-**Un objectif commun** : décrit la raison pour laquelle le réseau est établi en termes de produits ou de services pour offrir aux clients.

-**Un partenaire** : peut-être une entreprise, une organisation ou personne.

-**Une relation** : définit l'interaction entre deux participants. Il décrit comment les partenaires se connectent les uns aux autres.

-**Stabilité** : un réseau est statique lorsque les mêmes partenaires forment le réseau tout au long de son cycle de vie. Il est dynamique lorsque certains partenaires peuvent rejoindre ou quitter le réseau quand ils le veulent.

-**Durée** : décrit la fréquence des interactions qui se produisent au cours de la collaboration dans le réseau. Un réseau peut avoir une durée de vie courte ou longue.

3.3. Les niveaux de la collaboration inter-organisationnelle

Un niveau de collaboration est la manière dont les organisations peuvent envisager leurs collaborations. En se base sur le travail de (Bouzguenda, 2006), (Camarinha-Matos et al. 2006), (Touzi, 2007) et (ICC, 1999) mentionné précédemment pour classifier la collaboration en quatre niveaux où chaque niveau englobe le niveau précédent :

3.3.1. Communication

La communication est l'échange de données. Les entreprises et les organisations communiquent, échangent et partagent des informations afin d'optimiser leur fonctionnement individuel.

3.3.2. Coordination

La coordination est le partage et la synchronisation de tâches. Les organisations réalisent des tâches dont dépendent leurs partenaires et réciproquement. Ils partagent ou mettent à la disposition de leurs partenaires, leurs compétences (applications, fonctions, services). La coordination s'attache à l'organisation des activités déployées par les différents acteurs dans un partenariat.

3.3.3. Coopération

La coopération représente un travail conjoint où un partage des activités est défini pour accomplir une mission. C'est poursuite d'un objectif commun. Les différents partenaires ont leurs propres objectifs et stratégie, mais ils poursuivent tous un objectif commun. La poursuite de cet objectif nécessite la mise en place d'un processus collectif que les partenaires doivent définir et au sein duquel ils doivent s'intégrer.

3.3.4. Intégration

C'est l'appartenance transparente à une même entité. A ce niveau de collaboration l'échange de données, le partage des tâches et la poursuite des objectifs communs sont inhérents au fait que les entreprises et les organisations se trouvent intégrées au sein d'une même entité (virtuelle ou concrète).

4. La topologie de réseau de collaboration

Le concept de topologie est utilisé pour décrire la structure du réseau de collaboration et les relations entre les partenaires. Il comprend également les aspects de la durée, la stabilité, et la prise de décision. Trois formes de topologie ont été présentés dans (Katzy et al., 2000):

4.1. Topologie enchaînée

L'information se déplace d'un côté à l'autre, comme dans le cas des chaînes d'approvisionnement industrielles. Elle peut être définie comme un système coordonné d'organisations, personnes, processus et ressources qui déplace des informations ou des services d'un bout (par exemple producteur, fournisseur) à un autre (par exemple consommateur ou client). La topologie en chaîne se compose de plusieurs partenaires qui collaborent afin d'atteindre un objectif spécifique. L'architecture du réseau de chaîne est le plus souvent à durée déterminée et à long terme. Ce type de réseau est adopté principalement pour la manufacturière, tel que la production, et les chaînes de distribution. Il est conçu pour traiter, par exemple, la coordination et le contrôle inter-organisationnels.

4.2. Topologie en étoile

Se compose d'un partenaire central gérant l'ensemble du réseau. Tous les autres membres sont directement liés au partenaire central. Ce type de topologie correspond à une entreprise étendue dans laquelle chaque membre fournit des fonctionnalités clés, et un membre éminent qui joue le rôle de dirigeant. La topologie en étoile est une bonne solution pour les entreprises à grande échelle, notamment les consortiums dans l'industrie de la construction. Le partenaire central détient le pouvoir de prise de décision et coordonne les tâches par des méthodes différentes. Il peut diriger et modifier l'ensemble du réseau en fonction de ses stratégies, compétences, et pouvoir politique. Cependant, la structure de gestion centralisée peut causer des problèmes de goulots d'étranglement et l'échec.

4.3. Topologie peer-to-peer (pair à pair)

Dans cette topologie, il y a des interactions entre tous les nœuds sans aucune hiérarchie comme dans le cas des industries créatives et de connaissances (les laboratoires de recherche). Elle est caractérisée par l'absence de hiérarchie où tout pair peut interagir directement avec n'importe quel autre pair. Les compétences de gestion sont distribuées au sein des membres et le pouvoir de décision est égal pour chaque membre.

5. Le Processus métier

La collaboration inter-organisationnelle tourne autour des processus métiers. En effet, un fonctionnement efficace des organisations impose de s'appuyer sur des processus métiers robustes. Différentes définitions ont été énoncées au sujet des processus métiers, nous allons décrire ce qui émerge ces différentes définitions :

5.1. Définitions

D'un point de vue générale, la définition officielle de la norme (ISO 9001 ,2000) voit le processus comme *un ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforment des éléments d'entrée en éléments de sortie.*

Selon (Vernadat, 1999) : "*Un processus est un ensemble partiellement ordonné d'étapes exécutées en vue de réaliser au moins un objectif*".

Une définition plus complète provient de (Thérout, 2002), *Un processus est défini comme un enchaînement partiellement ordonné d'exécution d'activités qui, à l'aide de moyens techniques et humains, transforme des éléments d'entrée en éléments de sortie en vue de réaliser un objectif dans le cadre d'une stratégie donnée.*

Par déduction on peut définir un processus de la manière suivante : un processus métier est un enchaînement d'activités qui prend un input (de n'importe quelle forme) lui rajoute de la valeur à l'aide de ressources et fournit un output (produit /service) répondant aux objectifs de l'entreprise. Il est déclenché par des événements internes ou externes de l'entreprise. Il peut être décomposé en sous- processus comme il peut communiquer avec d'autres processus.

Selon (Morley *et al.*, 2011) Un processus est un ensemble d'activités, entreprises dans un objectif déterminé. La responsabilité d'exécution de tout ou partie des activités par un acteur correspond à un rôle. Le déroulement du processus utilise des ressources et peut être conditionné par des événements, d'origine interne ou externe. L'agencement des activités correspond à la structure du processus.

En effet, un processus métier met en exergue une collection d'activités et de tâches organisées dans le temps qui, une fois achevées, permettront d'atteindre un objectif organisationnel et un résultat précis et mesurable. Autrement dit, il est considéré comme un ensemble de relations logiques entre un groupe d'activités incluant des interactions entre différents partenaires et participants tels que des applications ou des services du SI, des acteurs humains ou d'autres processus métier sous la forme d'échange d'informations et de données pour fournir une valeur ajoutée tangible aux clients et aux différents interlocuteurs d'une organisation (Kherbouche, 2013).

Le méta modèle proposé par (Morley, Hughes, Leblanc, & Hugues, 2007) permet de voir l'interaction entre les différents concepts :

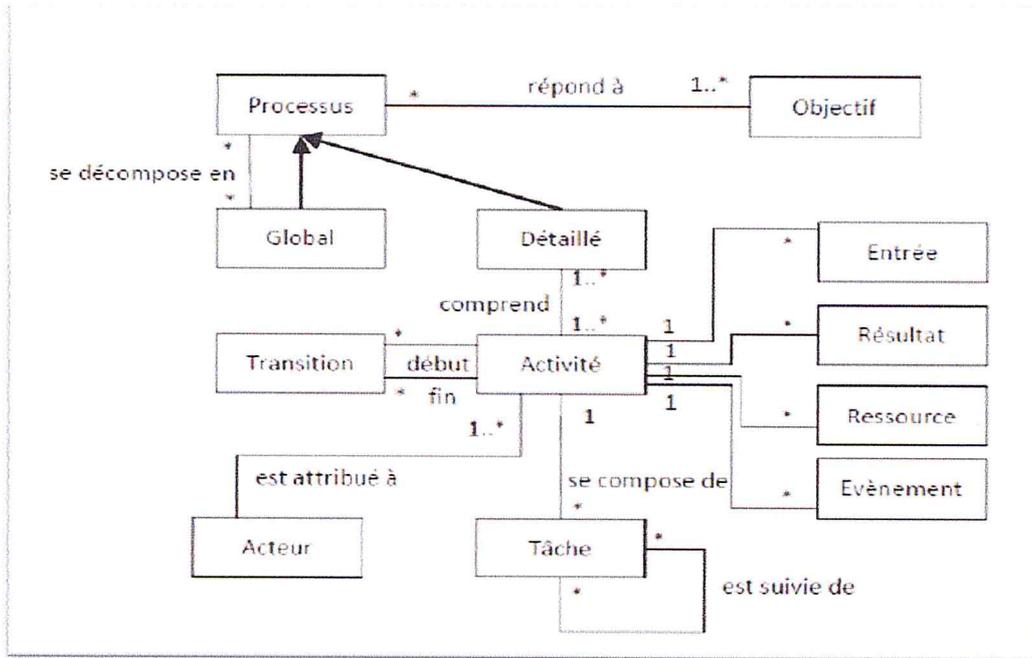


Figure 1.1. Méta modèle du processus métier (Morley, Hughes, Leblanc, & Hughes, 2007).

5.2. Les concepts liés à l'entité processus métier

D'après les définitions du processus citées dans la section précédente et en se basant sur le travail (Morley *et al.*, 2011), nous pouvons introduire les notions principales de processus comme suite:

- **Activité :**

Une activité est un ensemble de travaux devant être exécutés par des machines et/ou par des êtres humains. Ces travaux peuvent être des actions de production, de communication ou de contrôle.

La norme ISO 10006 définit l'activité comme « *la plus petite tâche identifiée dans un processus de projet* ».

- **Tâche :**

Une tâche est une opération élémentaire. Elle peut être définie comme une collection d'actions. Une tâche est de plus faible granularité qu'une activité. Selon (SINI_Ghenima, 2013) une tâche est « une opération, un travail à accomplir, par exemple, écrire une note,

préparer une commande... Les tâches élémentaires servent à préciser le contenu d'une activité ».

- **Acteur :**

L'acteur est une personne physique, une entité organisationnelle ou une machine qui prend une part aux activités du processus. Il peut être interne ou externe à l'entreprise, et un processus peut ainsi être exécuté par plusieurs partenaires qui coopèrent.

- **Rôle :**

Un rôle est un comportement attendu de l'acteur dans le cadre du processus, pour une ou plusieurs activités.

- **Ressource :**

Une ressource est un moyen, information ou outil, utilisé par une activité. Elle est disponible pour l'activité et le reste après son exécution.

Ainsi, pour la norme ISO 9004, « *toute activité utilisant des ressources et gérant de manière à permettre la transformation d'éléments d'entrée en éléments de sortie est considérée comme un processus* ».

- **Événement :**

Un événement est quelque chose qui arrive et qui provoque le déclenchement d'une activité. On distingue souvent trois types d'événement :

- L'événement temporel correspond à l'atteinte d'une échéance : date, fréquence ou délai écoulé.
- L'événement *interne* correspond à une décision prise par un acteur de l'Organisation. L'acteur peut être le responsable de l'activité ou un autre acteur, jouant un rôle dans le même processus ou dans un autre processus.
- L'événement *externe* provient de l'extérieur de l'Organisation. Ce peut être une décision prise par un acteur externe (un client, un fournisseur...) ou une information qu'il envoie. On a peu de prise sur un événement externe.

Un événement peut donc jouer différents rôles vis-à-vis d'une activité :

- Il peut être *déclencheur*. Une activité peut être déclenchée par plusieurs événements, souvent exclusifs, parfois concomitants. Selon l'événement, l'activité pourra être exécutée par des tâches spécifiques.

- Il peut être *interrupteur* et provoque la sortie de l'activité.

- Il peut être *modificateur* et agir sur le cours d'une activité.

En principe, dans les deux derniers cas, l'effet peut être précisé au niveau des tâches qui composent l'activité.

- **Entrée :**

Une entrée est un élément qui sera modifié pendant l'exécution de l'activité.

- **Transition :**

Une transition est un point dans l'exécution d'une instance de processus où une activité se termine et une autre démarre. Une transition peut être inconditionnelle (i.e. la terminaison de l'activité précédente déclenche le démarrage de l'activité suivante) ou conditionnelle (i.e. le déclenchement est gardé par une condition logique) (wfm, 1998).

- **Résultat :**

Un résultat est le produit de l'exécution d'une activité. Une activité peut produire plusieurs résultats. Un résultat peut être de différentes natures : matérielle, documentaire, ou informationnelle. Il peut également correspondre à un changement d'état d'un élément du système.

- **Objectif :**

Exprime la finalité du processus, la définition donnée par la norme ISO 9000 comme « *un ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforme des éléments d'entrée en éléments de sortie* » incite également à traduire l'objectif du processus en résultats à atteindre.

D'un autre part, un processus peut être :

- Un **processus globale (abstrait)** : il représente seulement l'objectif et peut être décomposé en processus.
- Un **processus détaillé** : décrit les contenus du système en montrant les détails de ses opérations principalement ses activités.

Le processus métier s'est étendu pour décrire et gérer les relations entre plusieurs organisations. Dans ce cas-là, nous parlerons plus précisément de processus collaboratifs inter-organisationnels.

6. Le processus collaboratif

Les processus collaboratifs représentent, de nos jours, une nouvelle vision de l'organisation dans le contexte partenarial. Dans cette partie, nous allons tout d'abord définir le terme processus collaboratif, puis nous verrons ces caractéristiques. Nous définirons ensuite les types de processus collaboratif.

6.1. Définitions

Un processus collaboratif est vu comme un ensemble de processus métiers partagés entre plusieurs organisations. Parmi les définitions existantes d'un processus collaboratif, on peut retenir celle de :

(Touzi, 2007) définit un processus collaboratif comme étant: «un ensemble partiellement ordonné d'activités spécifiquement organisées chez les partenaires de la collaboration et dont l'exécution est assurée par ces derniers ». Dans ce cadre, chaque activité collaborative est un processus interne à l'entreprise dont seule une interface est visible pour les autres partenaires.

(Aubert *et al.*, 2002) définit un processus collaboratif comme « un processus dont les activités peuvent appartenir à des organisations différentes». Cette vision, si elle semble simple, n'est pas anecdotique dans la mesure où elle est porteuse de la notion d'externalisation du traitement au sein d'un processus collaboratif.

(Sodki, 2008) considère un processus interentreprises (collaboratif) comme un processus métier complexe impliquant plusieurs entreprises, il est le résultat de la coordination de

plusieurs activités issues de plusieurs entreprises, dont ces activités échangent des informations et des services entre elles.

(Morley, et al., 2005) a souligné que dans un processus de collaboration l'aspect multi-organisationnels est essentiel parce que les partenaires ont leurs compétences spécifiques. Afin d'atteindre l'objectif du processus, ils fournissent les activités qu'ils peuvent effectuer.

Nous retenant qu'un processus collaboratif est un ensemble partiellement ordonné d'activités spécifiquement organisées chez les partenaires de la collaboration et leur exécution est hébergée chez ces derniers.

6.2. Type de processus collaboratif

Selon (B. Medjahed, 03) et (Christoph Bussler, 01), le processus collaboratif comporte deux types de processus :

6.2.1. Les processus collaboratifs privés (abstrait)

Ils représentent des processus internes spécifiquement réalisés au sein de l'organisation. Cette catégorie de processus est par définition un processus interne à l'entreprise et peut être assimilée à la définition du processus métier donnée par (Esper, 2010) : « *Un ensemble d'activités ordonnées selon un ensemble de règles procédurales pour réaliser un objectif précis au sein d'une organisation et réalisé par un groupe de personne* ». Le processus collaboratif privé offre donc une vision transversale orientée métier de l'entreprise.

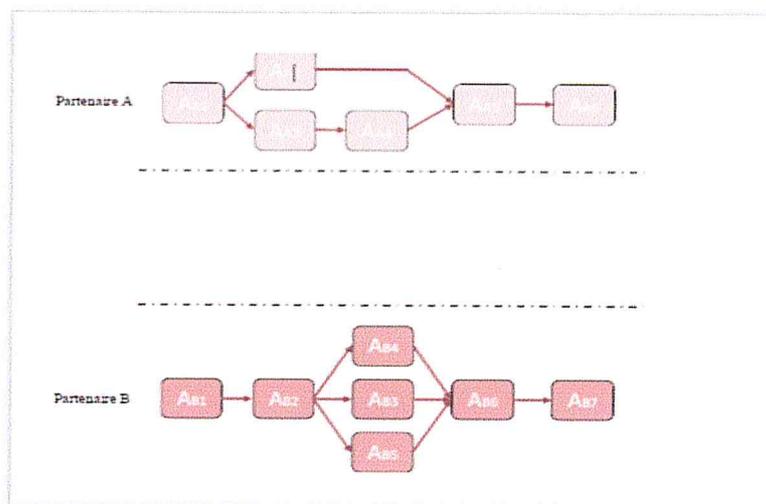


Figure I.2 : Illustration de deux processus collaboratifs privés (Mallek, 2011).

6.2.2. Les processus collaboratifs publics

Ils représentent des processus menés en collaboration avec d'autres en dehors des frontières de l'organisation. Un processus collaboratif public implique différentes entreprises et peut se définir comme : « un processus dont les activités appartiennent à différentes organisations » (Aubert *et al.*, 2002).

La mise en œuvre de processus collaboratifs publics permet à une organisation de décrire comment elle doit s'impliquer dans des activités comme le montre la (Figure I.3). Cette implication s'effectue en dehors de ses propres frontières, voir en dehors même de son réseau de clients, pour atteindre un objectif commun. Il est à noter que les activités du processus collaboratif public peuvent être réalisées par une ou plusieurs unités organisationnelles distinctes qui restent contraintes à la fois par l'atteinte de leurs objectifs propres et de l'objectif commun qui prévaut lors de la collaboration.

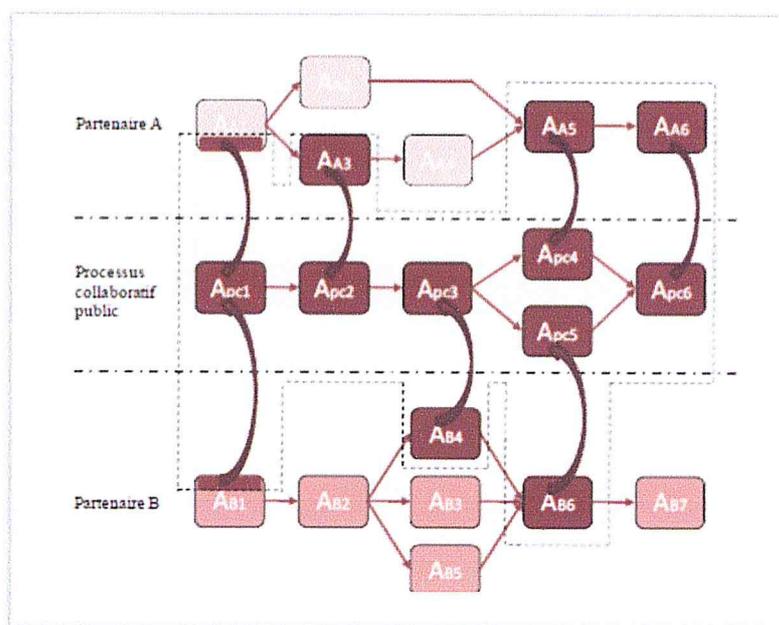


Figure I.3 : Illustration d'un processus collaboratif public (Mallek, 2011).

7. La modélisation de processus collaboratif

7.1. Définition de la modélisation

(Verdanat, 1996) a défini la modélisation comme "La modélisation des entreprises concerne la représentation et la spécification des différents aspects des opérations des entreprises. L'aspect fonctionnel décrit ce qu'on doit faire et dans quel ordre. L'aspect informationnel décrit quels sont les objets utilisés ou traités. L'aspect ressource décrit qui "fait" les choses et selon quelle politique. Et enfin, l'aspect organisationnel décrit la structure organisationnelle dans laquelle les choses seront-elles faites"

7.2. Objectifs de modélisation

La modélisation des processus a beaucoup d'avantages pour les entreprises qui cherchent à améliorer leurs performances. En effet elle permet une meilleure compréhension de l'existant en fournissant une documentation du processus métier et facilite ainsi la communication en utilisant un langage commun. Elle aide à améliorer la collaboration entre les structures fonctionnelles d'une même organisation et entre plusieurs organisations. Elle permet à contrôler, améliorer et automatiser les processus de l'entreprise (Bauche, 2010).

7.3. Les formalismes de modélisation

Nous présentons dans cette section deux catégories de formalismes de modélisation de processus, qui ne sont pas au même stade d'évolution (Touzi, 2007):

- **Les formalismes primaires** : présentent uniquement une représentation comportementale (évènementielle) pour décrire les processus. Il s'agit de formalismes simples qui sont basés sur une approche élémentaire du processus. La modélisation du processus est alors réduite à cette vision : un enchaînement d'un ensemble d'activités.
- **Les formalismes évolués** : peuvent inclure, en plus, une représentation informationnelle (donnée) ou/et organisationnelle (acteurs). De plus, les formalismes évolués peuvent offrir une typologie riche d'activités, d'évènements, de contrôles de flux, etc. Ces formalismes peuvent être dédiés à des domaines particuliers.

7.3.1. Les Formalismes primaires

- **Organigrammes (Flow chart)**

Présentent probablement les premières notions de modélisation de processus. Ce sont des représentations graphiques d'une séquence logique d'activités : opérations, données, flux, équipements, etc. Les caractéristiques des organigrammes sont flexibles et simples.

- **Réseau de Pétri (RdP) :**

Fortement utilisé dans le domaine industriel, il sert à traiter les problèmes de synchronisation d'activités. Les notions graphiques sont: les places (nœuds), les arcs (flèches) et les transitions (contrôles). Les places correspondent aux activités des processus modélisés. Les arcs sont associés aux évolutions du processus et des flux d'informations. Les transitions représentent les événements ou les conditions à vérifier pour avancer dans le processus.

- **IDEF3 et SADT (IDEF0) :**

Formalismes basés sur les mêmes symboles et concepts, mais relevant de méthodes différentes. SADT est basé sur le concept de boîte, qui peut représenter une activité (actigramme) ou une donnée (datagramme). Dans le premier cas, la boîte permet de présenter les données en entrée et en sortie, les ressources et les données de contrôle. IDEF3 reprend les notions de base de SADT et ajoute les opérateurs logiques comme « AND » et « OR » qui permettent de diriger le flux dans un processus.

7.3.2. Les Formalismes évolués

- **Diagrammes d'enchaînement de processus d'ARIS**

ARIS (Scheer, 1994) est une méthode de modélisation d'entreprise fortement utilisée dans le monde industriel. La vue de processus dans cette méthode est basée sur les diagrammes d'enchaînement de processus ou Process Chain Diagram (PCD). Les PCD peuvent exister sous deux formes : *Tableau* ou *Diagramme*. Le *Tableau* réunit les entités provenant des différents modèles de vue, ce qui permet d'offrir une représentation étendue des processus de l'entreprise. Ce formalisme contient aussi des contrôles de flux et permet de décrire une typologie des activités (batch, interactive, manuelle). Le *Tableau* permet de séparer les concepts (Événement, Fonction, Données, Système applicatif et Unité d'organisation) et de

les présenter dans des couloirs. Cette représentation offre une vue générale de la composition structurelle des processus et de leurs relations avec les autres vues de l'entreprise. Le *Diagramme* reprend exactement les mêmes concepts, mais avec une représentation « à plat ». Ce formalisme offre une clarté indéniable sur l'intégration de processus dans les autres vues de l'entreprise.

- **Unified Modeling Language (UML)**

Le langage UML "Unified Modelling Language" est un standard proposé par l'OMG "Object Management Group" permettant d'exprimer des besoins fonctionnels et techniques dans un environnement de développement orienté objet en utilisant plusieurs diagrammes : Le diagramme de classes, le diagramme d'activités, de séquence, de classe ...etc. UML offre bien, au travers des diagrammes d'activité et de séquence une possibilité de modéliser des processus de l'entreprise.

- **Le BPMN**

Le langage BPMN "*Business Process Modeling Notation*" est un standard pour la modélisation des processus métier d'une entreprise permettant de définir une notation graphique commune à tous les outils de modélisation. Il est proposé par le consortium l'OMG/BPMI "*Object Management Group* et le *Business Process Management Initiative*" depuis leur fusion en 2005. BPMN utilise une riche bibliothèque de symboles qui couvrent tous les détails de processus :

- Les objets de flux (Flow Objects) : événements, activités et passerelles.
- Les objets de liaison (Connecting Objects) : flux de séquence, flux de message et associations.
- Couloirs (Swimlanes) : pools et lanes.
- Artefacts (Artifacts) : objets de données, groupes et annotations.

Afin de modéliser le processus collaboratif inter-organisationnel notre choix s'est orienté vers cette notation (BPMN). Dans la section suivante nous justifions notre choix concernant ce formalisme.

7.4. Le choix de BPMN comme un langage de modélisation de processus collaboratif inter-organisationnel

Dans notre étude, nous avons choisi le formalisme BPMN pour modéliser le processus collaboratif inter-organisationnel à cause de plusieurs avantages qu'il offre :

Tout d'abord, BPMN est un standard n'appartenant à aucune entreprise donnée, mais à l'institution OMG. Ce formalisme fournit un cadre commun permettant de décrire un processus d'une manière compréhensible pour tous les acteurs d'une entreprise, depuis les analystes métier qui créent les ébauches initiales des procédures, jusqu'aux développeurs responsables de mettre en place la technologie qui va exécuter ces procédures, et ce, indépendamment de l'outil utilisé étant bien sûr censé supporter la norme (Bocher, 2010). L'un des principaux avantages de BPMN est le fait qu'il couvre essentiellement la vue fonctionnelle (les activités, les événements et les passerelles) mais permet aussi de décrire une partie de la vue organisationnelle (les acteurs), de la vue informationnelle (les flux d'information) et de la vue ressources (Touzi, 2007). Ainsi, ce formalisme est utilisé dans le but d'offrir une notation explicite, facile d'emploi et accessible à tous les utilisateurs métiers. Dans le cadre de la collaboration, le processus collaboratif modélisé selon ce formalisme sera compréhensible par tous les partenaires de collaboration. En plus, le langage BPMN n'est pas destiné à la simple modélisation organisationnelle ou structurelle mais propose des structures adaptées à la modélisation des processus métiers complexes. En effet, BPMN définit un vocabulaire riche et adapté aux besoins de conception de processus métiers complexes – ensemble de concepts et de relations – pour fournir un socle robuste à l'outillage des approches processus (Touzi, 2007).

De là, nous avons conclu que BPMN est le meilleur choix pour modéliser le processus collaboratif. Nous allons profiter de la richesse de ce formalisme pour modéliser les connaissances nécessaires à la modélisation conception du processus collaboratif inter-organisationnels.

8. Conclusion

L'étude que nous avons faite dans ce chapitre nous a permis de clarifier plusieurs concepts fondamentaux relatifs à l'organisation, la collaboration, le processus métier, le processus collaboratif inter organisationnel ainsi que les différents formalismes de modélisation. Nous allons dans le prochain chapitre baser sur ces concepts pour concevoir notre méta-modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnels. La conception de ce dernier est fondée sur une approche de développement basé sur les modèles MDA (Model Driven Architecture) que nous allons présenter dans le chapitre suivant.

Chapitre 2.

Présentation D'Ingénierie

Dirigée par les Modèles

1. Introduction

Un parmi les objectifs de notre travail est de visualiser les modèles BPMN de processus collaboratifs inter-organisationnels dans un éditeur graphique en prenant en entrée un modèle de processus collaboratif modélisé en UML. Ce dernier regroupe les connaissances sur l'environnement de collaboration et du processus collaboratif comme par exemple l'objectif de collaboration, les partenaires, les relations entre eux, les processus abstraits et détaillés fourni par les partenaires, les ressources partagées, etc. Il exprime la réponse au besoin de la collaboration souhaitée par les partenaires. La réalisation de cet objectif exige, dans un premier temps, de transformer le modèle UML de processus collaboratif en un modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel (Figure II. 1).

De ce fait, le choix d'une approche d'ingénierie appropriée pour la conception d'un méta modèle BPMN de processus collaboratif et la réalisation de transformation devient une étape primordiale. Pour cela nous adoptons l'Architecture Dirigée par les Modèles (Model Driven Architecture MDA) proposé par l'OMG2 (Object Management Group).

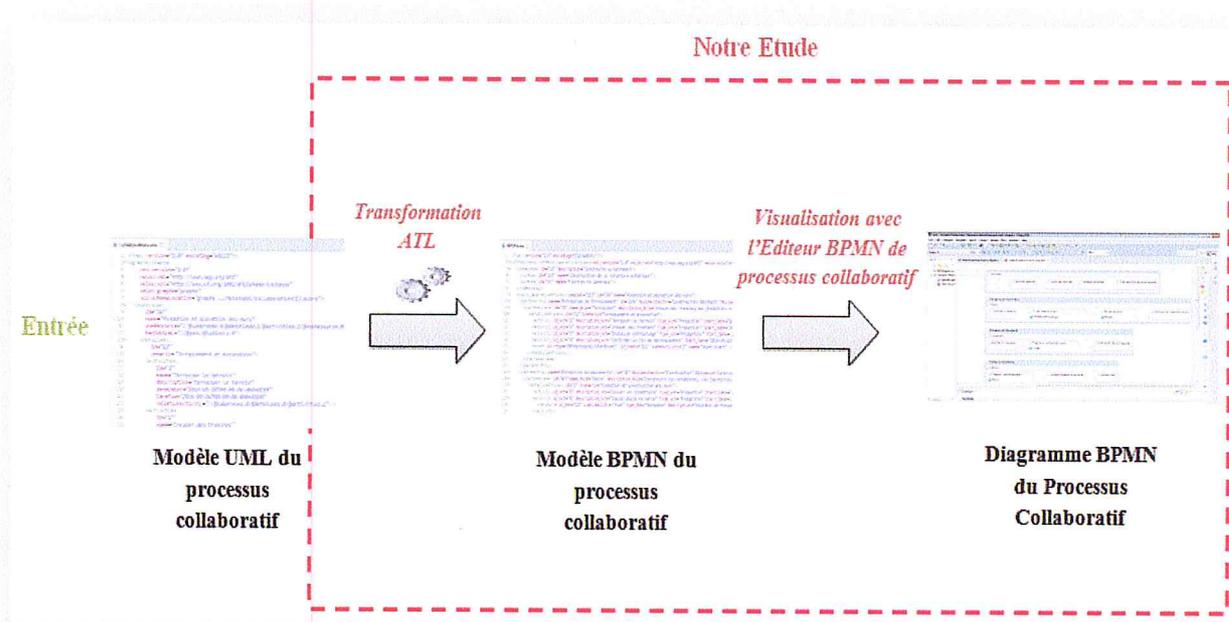


Figure II.1. La démarche de notre travail.

L'objectif de ce chapitre est de présenter une approche d'ingénierie appropriée pour la conception de méta modèle BPMN de processus collaboratif et la transformation des modèles. En effet, notre approche démarre par un modèle de processus collaboratif modélisé en UML et fourni en sortie un modèle BPMN de processus collaboratifs inter-organisationnels. Le modèle UML regroupe les connaissances sur l'environnement de collaboration et du processus collaboratif comme par exemple l'objectif de collaboration, les partenaires, les relations entre eux, les processus abstraits et détaillés fourni par les partenaires, les ressources partagées, etc. Il exprime la réponse au besoin de la collaboration souhaitée par les partenaires. La réalisation de cet objectif exige, dans un premier temps, de transformer le modèle UML de processus collaboratif en un modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel (Figure II. 1). Pour cela nous adoptons l'Architecture Dirigée par les Modèles (Model Driven Architecture MDA) proposé par l'OMG2 (Object Management Group).

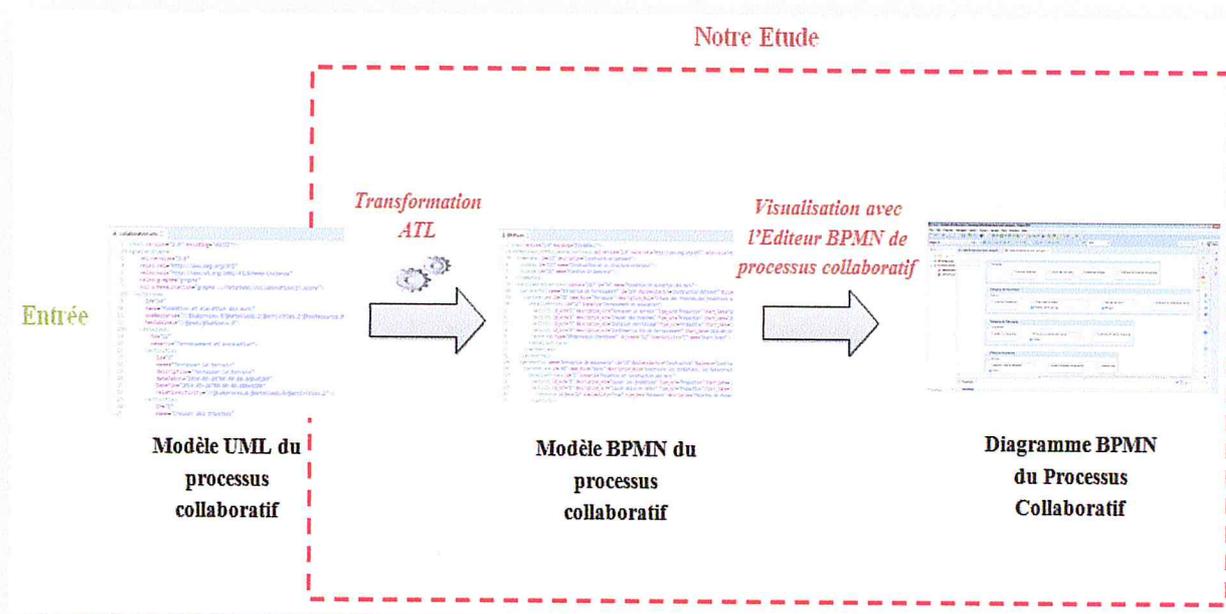


Figure II.1. La démarche de notre travail.

Dans ce chapitre, nous présentons tout d'abord l'Ingénierie Dirigée par les modèles IDM. Nous décrivons par la suite l'approche reconnue comme une spécialisation de l'IDM, l'Architecture Dirigée par les Modèles MDA. Nous discutons le choix de cette approche et nous présentons ses apports par rapport à la conception de méta-modèle de processus collaboratif inter-organisationnels et la réalisation de transformation.

2. Ingénierie Dirigée par les Modèles (IDM / MDE-Model Driven Engineering)

L'ingénierie dirigée par les modèles (IDM) est une approche spécifique du génie logiciel, elle s'appuie sur les modèles pour exprimer les préoccupations de manière plus abstraite lors de développement de systèmes complexes. Un système peut être décrit par différents modèles liés les uns aux autres. La réflexion sur l'IDM fait suite à la définition de l'approche Model Driven Architecture (MDA) (OMG, 2003) par l'OMG (OMG).

L'IDM est une forme d'ingénierie générative qui aboutit au code du système décrit à haut niveau d'abstraction. Elle se focalise sur une modélisation abstraite du système réel en un modèle, et un passage automatique de ce modèle à un langage compréhensible par la machine (Alfred Aho et al., 2008).

L'IDM se réfère à l'utilisation systématique des modèles comme des éléments centraux tout au long du cycle de vie du logiciel. L'objectif derrière l'utilisation d'un tel paradigme est d'augmenter la productivité et réduire le temps de développement des systèmes complexes au moyen de modèles qui sont beaucoup moins liés à la technologie et qui sont beaucoup plus proche du domaine. Cette abstraction des problèmes complexes rend les systèmes plus faciles à spécifier et à maintenir (Firas Bacha, 2013).

Nous proposons d'introduire les notions de base sur lesquelles repose cette ingénierie.

2.1 Les concepts fondamentaux de l'IDM

2.1.1 Modèle

L'IDM s'appuie sur les modèles qui sont considérés comme les piliers de cette approche. (Minsky, 1969) considère le modèle comme étant “...une représentation (ou abstraction) d'un système, décrit dans une intention particulière”. (Bézivin et Gerbé, 2001) définissent un

modèle comme “... *une simplification d'un système construit avec un objectif bien déterminé. Le modèle devrait être capable de répondre aux questions à la place du système actuel*”.

D'après (OMG, 2003) : “*Un modèle est une description ou une spécification d'un système et de son environnement dans un but bien déterminé. Un modèle est souvent présenté comme une combinaison de dessins et de textes. Le texte peut être dans un langage de modélisation ou dans une langue naturelle*”.

2.1.2 Méta Modèle

(OMG, 2006) a défini le méta modèle comme suit : “*Un métamodèle est un modèle définissant le langage permettant d'exprimer un modèle*”. Un métamodèle est un moyen concret de définir un langage, ce n'est pas un langage.

Dans le domaine de l'IDM, la méta-modélisation joue un rôle très important. En effet, elle est considérée comme une technique courante pour définir la syntaxe abstraite des Modèles et des interrelations entre les éléments du modèle. Si le modèle est une abstraction des éléments du monde réel, le méta-modèle représente encore une autre abstraction, définissant les propriétés du modèle lui-même. Un modèle est dit conforme à son métamodèle.

2.1.3 Méta-métamodèle

Selon (OMG, 2006) “*un méta-métamodèle est un modèle qui permet de décrire un langage de méta modélisation. Un méta-métamodèle doit être réflexif pour limiter le nombre de niveaux d'abstraction*”.

L'OMG (Object Management *Group*) a introduit l'architecture à quatre niveaux illustrée dans la (Figure II.2) appelée également *l'architecture 3+1* ou bien *la pile de modélisation*. Au niveau inférieur, la couche M0 représente le système réel. Un modèle représente ce système au niveau M1. Ce modèle est conforme à son méta-modèle défini au niveau M2 et le méta-modèle lui-même est conforme à son méta-métamodèle au niveau M3. La définition du méta-métamodèle est réflexive étant donné qu'il est conforme à lui-même.

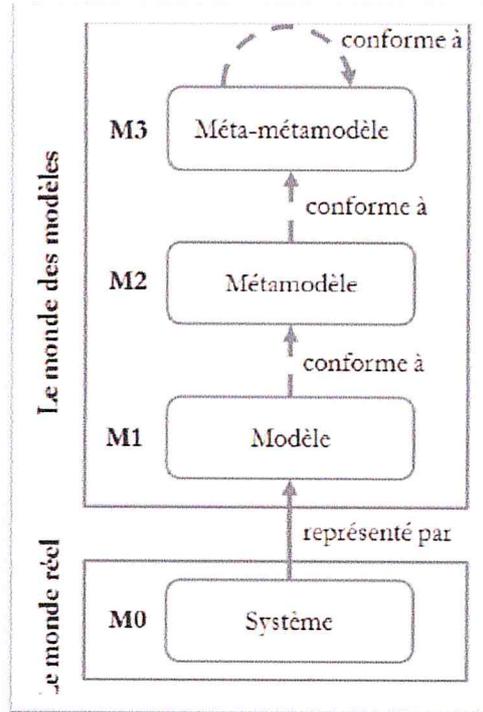


Figure II.2 l'architecture 3+1 adaptée de (Bézivin, 2005).

2.2 La modélisation et la métamodélisation

Selon (Verdanat, 1996) " la modélisation des entreprises concerne la représentation et la spécification des différents aspects des opérations des entreprises. L'aspect *fonctionnel* décrit ce qu'on doit faire et dans quel ordre. L'aspect *informationnel* décrit quels sont les objets utilisés ou traités. L'aspect *ressource* décrit qui "fait" les choses et selon quelle politique. Et enfin, l'aspect *organisationnel* décrit la structure organisationnelle dans laquelle les choses seront-elles faites".

La métamodélisation est défini par (Benoît, 2008) comme une activité consistant à définir le méta-modèle d'un langage de modélisation. Elle vise donc à bien modéliser un langage, qui joue alors le rôle de système à modéliser.

D'après (Raphaël, 2003), la modélisation est une technique de conception de systèmes (par exemple) utilisant un certain nombre de concepts prédéfinis. La méta-modélisation est une technique de définition des concepts à utiliser pour modéliser des systèmes. La méta-modélisation apporte donc la flexibilité nécessaire à la fourniture de moyens adaptés aux besoins d'un processus logiciel, pour concevoir des applications

On présente ainsi la définition de (Plantec, 2013) qui considère la méta-modélisation comme étant une activité de modélisation qui consiste à mettre en œuvre un langage. Pour cette activité, il s'agit non seulement de produire des méta-modèles mais aussi de définir la sémantique du langage, de mettre en œuvre des analyseurs, des compilateurs, des générateurs de et plus généralement, à construire un ensemble d'outils exploitant les méta-modèles. L'activité de méta-modélisation et celle de modélisation sont influencées par les mêmes facteurs. Cependant, la méta-modélisation se différencie de la modélisation du fait de la nature double des facteurs d'influences et du double niveau d'expertise nécessaire à cette activité.

Sur la base de la modélisation et des méthodologies de conception basées sur les modèles, l'OMG propose l'approche MDA, dérivée de l'IDM. De ce fait, l'approche MDA est construite sur les mêmes bases que l'IDM, à savoir : le métamodèle, le modèle et la transformation de modèle que nous allons présenter dans la section suivante.

3. L'Architecture Dirigée par les Modèles (Model Driven Architecture MDA)

3.1. Présentation de l'approche MDA

MDA (Model-Driven Architecture) est un standard, lancé par l'OMG (OMG, 2003), qui est une variante particulière de l'IDM. Cette démarche donne la possibilité de comprendre les systèmes complexes et le monde réel à travers une abstraction de ceux-ci. Il inclut pour cela la définition de plusieurs standards, notamment UML, MOF (Meta Object Facility) et XMI (Meta data Interchange).

Le MDA est une approche de conception de logiciels, basée sur les modèles, supportant le développement de systèmes complexes et distribués. Le principe de l'approche est de diviser le processus de développement en trois couches de modèle bien distinctes, et de transformer les modèles d'une couche à l'autre (R. Jardim-Goncalves et al., 2006).

L'approche MDA est basée sur la séparation des préoccupations. Elle permet prendre en compte, séparément, aspect métier et aspect technique d'une application, grâce à la modélisation.

3.2 Les niveaux du MDA

Pour représenter visuellement l'approche MDA, l'OMG a mis en place un *framework*, structuré de plusieurs types de Modèles. La Figure II.3 représente le cycle de développement en Y, qui met en œuvre ces modèles ainsi que leurs relations :

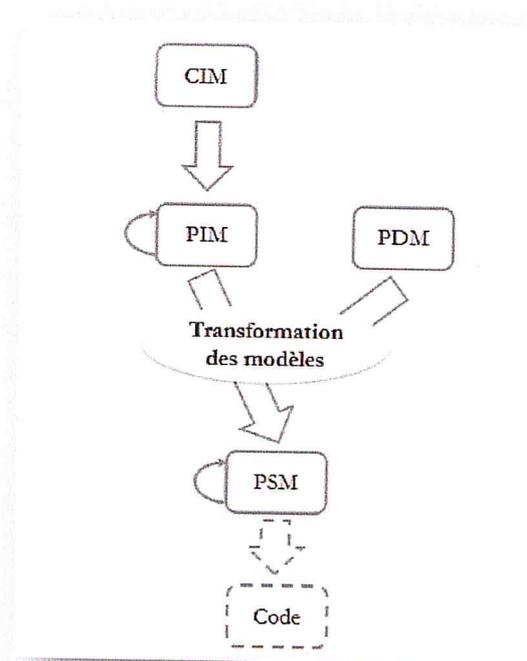


Figure II.3. Le cycle de développement en Y (Bacha ,2013).

– **CIM (Computation Independent Model)** : Ces modèles décrivent le système à concevoir d'un point de vue indépendant de l'informatisation. Le CIM permet une vision du système et de son environnement organisationnel dans lequel il va être exécuté. Son but est d'aider à la compréhension du problème, tout en cachant les détails de structure et d'implémentation. De ce fait, un modèle du CIM est parfois appelé un modèle de domaine. Notre travail se positionne à ce niveau de l'approche dans le but est de concevoir un modèle de processus collaboratif inter-organisationnels le plus générique possible et qui capture autant de connaissances que possible sur la modélisation de processus selon la notation BPMN et la collaboration.

- **PIM (Platform Independent Model)** : Les modèles du niveau PIM représentent une vision d'analyse et de conception du système, indépendamment de tout détail technologique concernant la plateforme (système d'exploitation, langage de programmation, matériel, performances du réseau, etc.).
- **PDM (Platform Description Model)** : Ces modèles décrivent la plateforme sur laquelle le système va être exécuté, en fournissant un ensemble de données techniques concernant les fonctionnalités et l'utilisation de la plateforme.
- **PSM (Platform Specific Model)** : Le niveau PSM présente une projection des modèles du niveau PIM vers une plateforme spécifique. Ces Modèles combinent les spécifications du PIM avec les détails propres à la plateforme. Les PSM servent essentiellement à la génération de code exécutable vers ces mêmes plateformes techniques.

3.3 La transformation des modèles

La transformation d'un ou plusieurs modèles sources vers un ou plusieurs modèles cibles, appelée la transformation de modèles représente un des piliers fondamentaux de l'IDM.

3.3.1 Définition de la transformation

Selon (Kleppe *et al.*, 2003) " *Une transformation est une génération automatique d'un ou plusieurs modèles cibles à partir d'un ou plusieurs modèles sources, en respectant la définition de la transformation. Une définition de transformation est un ensemble de règles de transformation qui décrivent la manière avec laquelle un modèle dans le langage source peut-être transformé en un modèle dans le langage cible. Une règle de transformation est une description de la façon avec laquelle une ou plusieurs constructions dans le langage source, peuvent être transformées en une ou plusieurs constructions dans le langage cible.* "

Pour mettre en œuvre ce processus de transformation, un moteur de transformation prend en entrée un modèle conforme à un de métamodèle source et produit en sortie un autre modèle conforme à un métamodèle cible. Le moteur de transformation, composé d'un ensemble de règles, doit être lui-même considéré comme étant un modèle. En conséquence, il est basé sur un métamodèle correspondant, qui est une définition abstraite du langage de transformation utilisé (Figure II.4).

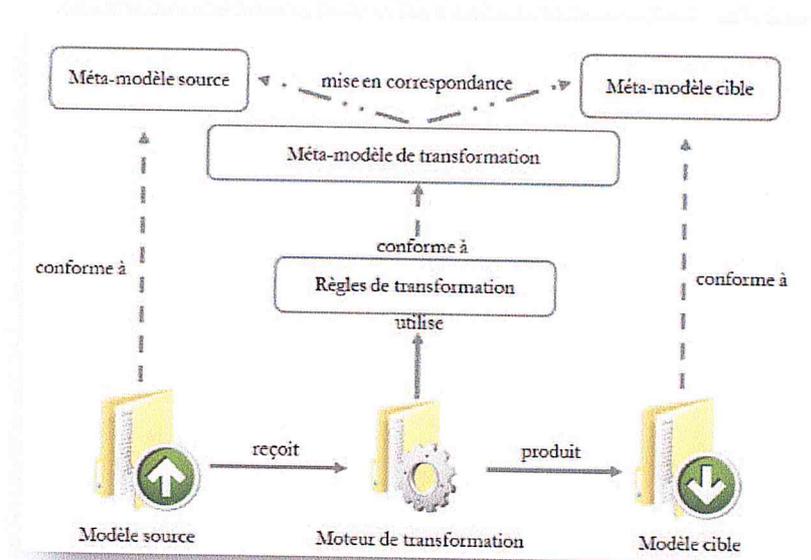


Figure II.4. Principe de la transformation des modèles en IDM (Touzi, 2007).

3.3.2 Mise en œuvre d'une transformation

Nous distinguons trois étapes dans le processus de mise en œuvre d'une transformation MDA (Bézivin *et al.*, 2003), (Benguria *et al.*, 2006), (Touzi, 2007) :

1. La définition des règles de transformation ;
2. Le choix d'un outil de transformation ;
3. L'exécution des règles de transformation.

3.3.2. 1. La définition des règles de transformation

Etant donné un modèle source dans un langage (par exemple UML), et un modèle cible dans un langage (par exemple BPMN), les règles de transformation sont établies entre le méta-modèle source et le méta-modèle cible, c'est-à-dire entre l'ensemble des concepts du modèle source et celui du modèle cible. Le processus de transformation prend en entrée un modèle conforme au méta-modèle source et produit en sortie un (ou plusieurs) autre(s) modèle(s) conforme(s) au méta-modèle cible, en utilisant les règles préalablement établies.

Dans notre travail, nous transformons un modèle UML de processus collaboratif conforme au méta-modèle UML de processus collaboratif en un modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel. Ce dernier sera conforme à notre méta-modèle BPMN. On

définit des règles de transformations ATL entre le méta-modèle source et notre méta-modèle BPMN.

3.3.2. 2. Le choix d'un outil de transformation

Une fois les règles de transformation définies, il est nécessaire de disposer d'un langage de spécification de ces règles. Nous nous intéressons particulièrement à ATL (Atlas Transformation Language) qui est le standard de l'OMG, car il répond à nos exigences en matière de simplicité de définition de règles. L'ATL est un langage hybride regroupe à la fois les paradigmes de programmations déclarative et impérative et permet de faire des transformations de modèles.

3.3.2.3. L'exécution des règles de transformation

Une fois spécifiées et exprimées, les règles requièrent le moteur d'exécution de l'outil de transformation choisi pour être exécutées. Ce moteur prend comme entrée le modèle et le méta-modèle source, le méta-modèle cible, ainsi que le modèle de transformation (les règles de transformation écrites dans le langage de transformation, basées sur les correspondances entre les deux méta-modèles source et cible) et son méta-modèle (représentant la grammaire du langage de transformation). Il produit en sortie le modèle cible.

3.4 Le choix de l'utilisation de l'approche MDA

Dans le cadre de notre travail nous adoptons l'approche MDA pour la conception de notre modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel.

La démarche MDA est une référence proposée par l'OMG2 (Object Management Group) encourage la séparation des préoccupations liées à la modélisation de systèmes complexe. Elle permet de prendre en compte, séparément, aspect métier et aspect technique d'une application, grâce à la modélisation. Cela facilite la descente en abstraction et permet une séparation nette et délimitée entre le métier et la technique (OMG, 2003).

La MDA est une approche de conception de logiciels, basée sur les modèles, supportant le développement de systèmes complexes et distribués. Le principe de l'approche est de diviser le processus de développement en trois couches de modèle bien distinctes, et de transformer les modèles d'une couche à l'autre (R. Jardim-Goncalves et al., 2006). C'est l'objectif sur le

quel est basé le processus de développement du projet globale CIO-Wf (Collaboration Inter-organisationnelle basée Workflow) dans lequel s'inscrit notre travail. L'objectif derrière l'utilisation d'un tel paradigme est d'augmenter la productivité et réduire le temps de développement des systèmes complexes au moyen de modèles qui sont beaucoup moins liés à la technologie et qui sont beaucoup plus proche du domaine.

Cette approche définit trois niveaux de modèles, le CIM, le PIM et le PSM. Notre travail se focalise au niveau CIM sur lequel nous définissons un modèle de processus collaboratif qui décrit les objectifs, les partenaires de collaboration, les processus fournis par ces derniers et les responsabilités. Il exprime aussi les interactions entre les participants, y compris les échanges de données, les ressources partagées, etc.

Le MDA est l'approche de transformation de modèles, de sorte que la construction du système soit un séquençement de modèles et de transformations entre ces modèles. Nous adaptons cette approche pour transformer un modèle de processus collaboratif écrit en UML en un modèle BPMN. Nous établissons des règles de transformation entre le méta-modèle source et notre méta-modèle BPMN. Nous utiliserons MDA afin de garantir un niveau élevé de flexibilité et d'offrir une grande capacité de réutilisation. Enfin, cette approche nous permet d'atteindre un niveau d'abstraction plus élevé conduisant à une conception d'un métamodèle de processus collaboratif inter organisationnel le plus générique possible.

4. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté l'Ingénierie Dirigée par les Modèles (IDM) et nous avons introduit les notions de base sur lesquelles elle comprend la modélisation, la métamodélisation, modèle et métamodèle. Ainsi, nous avons décrit l'approche MDA reconnue comme une spécialisation de l'IDM sur laquelle est basée notre conception.

Dans le cadre de notre travail, nous optons l'approche MDA puisqu'elle est basée sur deux principes généraux de l'IDM, la modélisation d'une part et la transformation de modèle d'autre part. Cette approche répond à nos exigences pour la conception de métamodèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel et la transformation ATL. Notre challenge dans le chapitre suivant est de donner une description détaillée du métamodèle de processus collaboratif inter-organisationnel, nous proposons en premier lieu, une étude de quelques travaux existants dans la littérature concernant la modélisation de processus collaboratif.

Chapitre 3. Présentation de méta- modèle BMN du processus collaboratif inter-organisationnel

PARTIE I :
Étude comparative

1. Introduction

Ce chapitre est consacré pour présenter une étude comparative approfondie entre les travaux existants concernant la modélisation des processus collaboratifs, afin de positionner notre travail par rapport à ces travaux et de présenter ainsi notre contribution.

2. Synthèse des travaux existants

Plusieurs travaux de recherche se sont intéressés à la modélisation de la collaboration inter-organisationnelle et aux processus collaboratifs. Cependant la collaboration est un système très complexe qui évolue constamment. Du ce fait, la modélisation du processus collaboratif devient un sujet complexe. Dans cette section, nous présentons quelques études qui ont porté sur la modélisation de processus collaboratif.

(J. Touzi, 2007) propose de générer un système d'information collaboratif (SIC) par la transformation de modèles. Selon (J. Touzi, 2007), les partenaires peuvent collaborer via leurs systèmes d'information. Ce système met l'accent sur la combinaison des SI des différents partenaires dans un système unique. Dans ce travail, il propose une approche basée MDA (Model Driven Architecture) qui transforme le processus de collaboration BPMN (Business Process Modeling Notation) en un système d'information collaboratif représenté en UML. Il suppose que les organisations concernées peuvent fournir le modèle de processus de collaboration. Mais cette supposition n'était pas réalisable pour deux raisons :

(1) il est peu courant de rencontrer un groupement d'entreprises souhaitant collaborer qui soient capables de formaliser, les termes de leur collaboration jusqu'à être en mesure de fournir un modèle du processus collaboratif sur lequel ils souhaitent baser leur réseau. (2) La démarche de conception de SIC proposée dans le manuscrit de (J. Touzi, 2007) nécessite que le modèle de processus collaboratif servant de base à la traduction soit formalisé en BPMN et respecte son méta-modèle. Il est délicat d'attendre qu'un modèle de processus collaboratif établi par les partenaires soit conforme à ces contraintes (J. Touzi, 2007).

(k. Bouchbout, et al.,2010) proposent un méta-modèle générique de processus métiers inter-organisationnel IOBP (Inter Organizational Business Process) qui représente la nature de l'interaction entre les organisations grâce à des processus métiers dans le cadre des exigences commerciales spécifiques qui mettent l'accent sur l'hétérogénéité, la vie privée et de l'autonomie des organisations participantes. (k. Bouchbout, et al.,2010) développent un méta modèle générique IOBP commun à trois langues de modélisation EPC(Event Driven Process Chain), BPMN , et UML2. Ce méta modèle est structuré selon quatre aspects : fonctionnel, comportemental, organisationnel et informationnel.

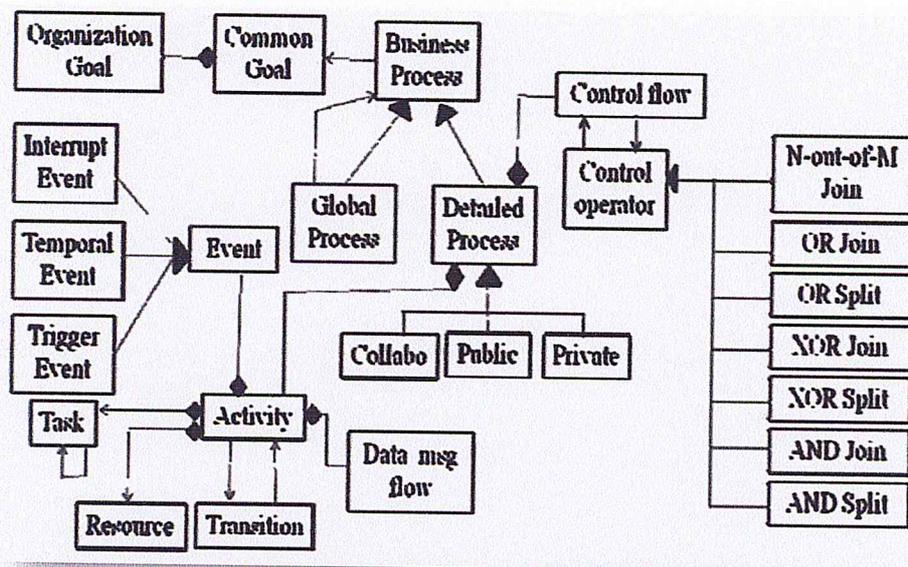


Figure III.2. L'aspect fonctionnel et comportemental de métamodèle (k. Bouchbout, et al.,2010).

Le travail de (S. Truptil, 2011) s'articule autour la collaboration d'organisations selon l'angle du système d'information. Il propose une démarche de conception d'un SIM (système d'information de médiation) en reposant sur l'ingénierie dirigée par les modèles (IDM) pour la gestion de crise. Au niveau métier, (S .Truptil, 2011) utilise une base de connaissances, permet, à partir des caractéristiques de la situation de crise et du savoir-faire des partenaires de la collaboration, de définir le processus collaboratif représentatif de la succession des activités à exécuter dans le cadre de la réponse à la crise. (S .Truptil, 2011) défini un méta modèle de crise selon le formalisme UML, qui est découpé en trois parties : la situation est composée du système d'étude et des caractéristiques de la crise, le système de traitement et enfin le processus collaboratif. La première partie du méta modèle, le système d'étude, est orientée vers la cause de la crise. Il permet de récupérer les informations liées aux facteurs de

risques ou vulnérabilités de l'environnement. De plus, une partie du méta modèle portant sur les caractéristiques de la crise s'intéresse aux conséquences liées à la concrétisation des risques. La deuxième partie du méta modèle de crise (système de traitement) vise à regrouper les informations nécessaires à la détermination d'une réponse à une crise. Ainsi la troisième partie du méta modèle propose un processus collaboratif qui représente la collaboration selon la composition d'un ensemble finalisé d'activités effectuées par des partenaires dans le but de résoudre la crise. Les différentes composantes du méta modèle de (S.Truptil, 2011) sont reliées entre elles par des relations structurelles et sémantiques. Ce lien entre les différents points de vue de la crise est la base de la définition des règles de transformation permettant la déduction du processus collaboratif en BPMN.

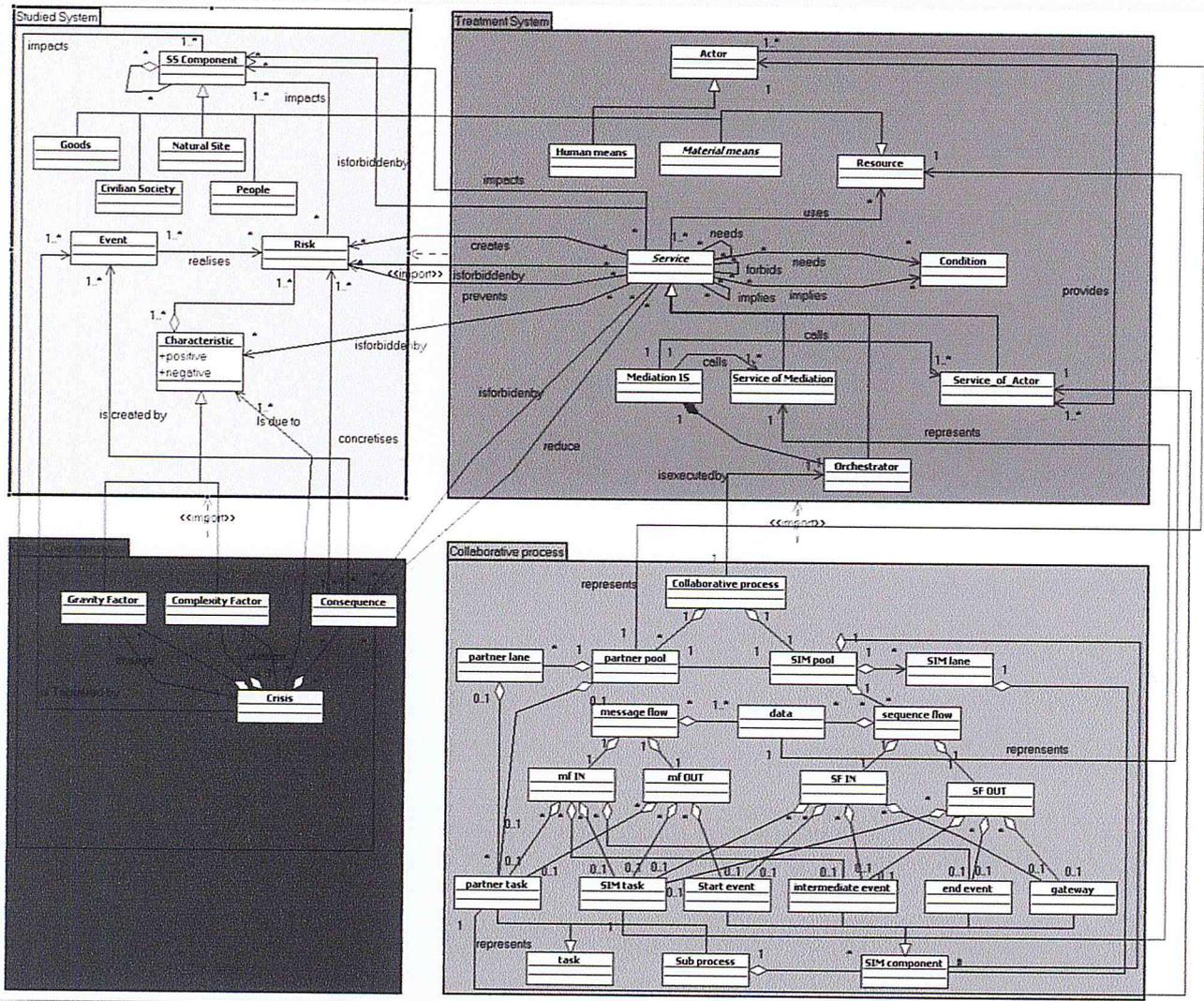


Figure III.3. Métamodèle de crise (S. Truptil, 2011).

Les travaux de (SAIB, et al., 2013) traitent la collaboration entre les processus métiers des systèmes d'entreprise en définissant un système médiateur. L'approche est basée sur les principes du MDA. Ils ont défini un système de base de connaissances KBS qui génère un modèle de processus collaboratif. Le KBS est conçu selon deux ontologies, la première nommée Collaborative Network Ontologie. Elle représente les concepts liés à un réseau de collaboration entre les systèmes d'entreprise. La deuxième ontologie nommée Business Process Ontology interprète les caractéristiques de processus collaboratif. Le modèle de processus collaboratif généré est transformé par la suite à un processus collaboratif en BPMN en appliquant des règles de transformation. (SAIB, et al., 2013) ont enrichi l'ontologie proposée par Dr V. Rajsiri afin de proposer un système de collaboration entre les processus métiers des entreprises, contrairement à (V. Rajsiri, 2009) , qui a défini une sorte d'entreprise virtuelle permettant la collaboration entre les entreprises.

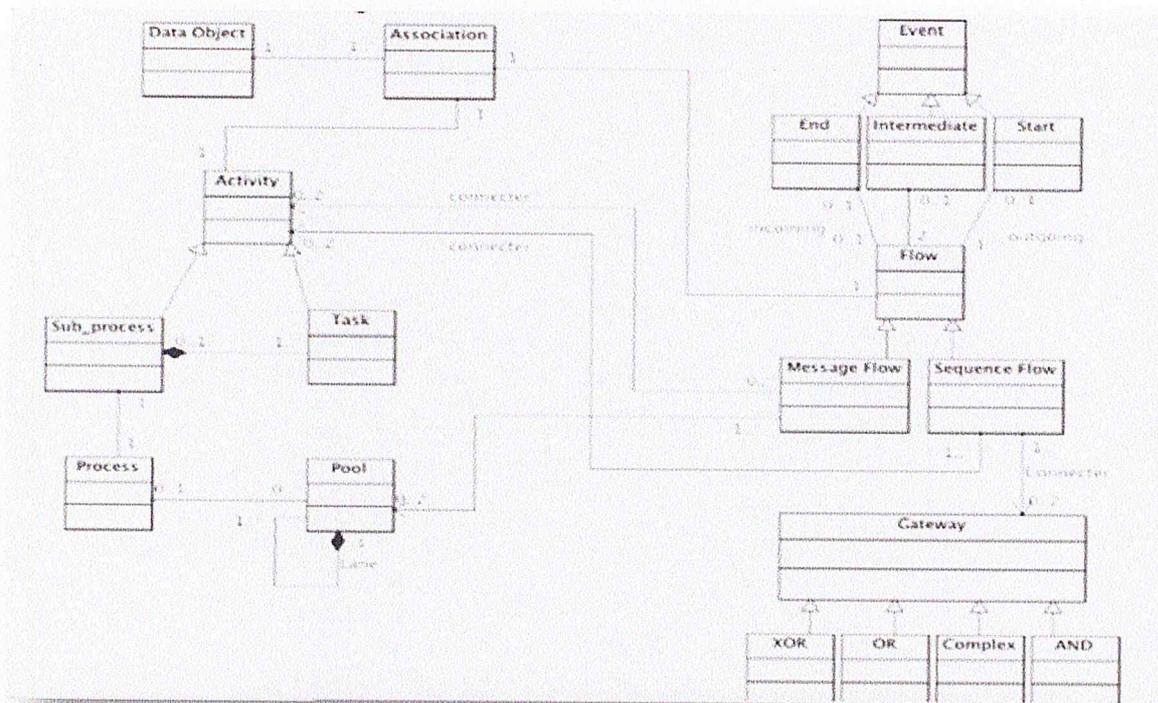


Figure III.4. Méta modèle de processus collaboratif en BPMN (SAIB, et al., 2013).

Le travail de (W. Mu, 2015) s'articule autour de la cartographie du processus collaboratif pour le diviser et classer en des processus collaboratifs stratégiques, opérationnel ou de support. L'objectif de travail est de construire aussi automatiquement que possible la cartographie du processus collaborative en utilisant l'approche MDA (Model Driven Architecture) et SOA (Service Oriented Architecture). La cartographie de processus collaboratif définit d'abord le processus collaboratif par ses fonctions principales, qui sont positionnés dans différentes pools (stratégie, opérationnel et de support). Au niveau CIM, (W. Mu, 2015) défini une Ontologie Collaborative servant de base à la définition de cartographie de processus collaboratif automatiquement à partir d'un cas de collaboration.

Les travaux que nous avons étudiés montrent que la collaboration inter-organisationnelle est un système très complexe et que le processus collaboratif présente incontestablement une matière importante pour la modélisation de cette dernière.

3. Notre contribution

Dans notre approche nous proposons un méta modèle de processus collaboratif inter-organisationnel en BPMN. Ce dernier, couvre le maximum de concepts permettant la modélisation de processus collaboratif et d'autres notions liées à la collaboration.

Un processus collaboratif est un processus très complexe et sa modélisation d'une manière globale (le tout dans le même modèle) influe sur sa visibilité et complique son exécution. D'où l'idée de le diviser en sous processus collaboratif. Nous avons décomposé le processus collaboratif en sous-processus collaboratifs afin de réduire sa complexité et faciliter la compréhension de ce dernier par les partenaires de la collaboration. Le processus collaboratif est géré par un coordinateur et a un objectif qui représente l'objectif global de collaboration. Tandis que, les sous processus collaboratifs ont chacun un sous objectif et un sous coordinateur. Le coordinateur gère les dépendances des ressources entre les sous processus collaboratif. Tandis que le sous coordinateur ne gère que les dépendances des ressources entre les activités de sous processus collaboratif.

Notre méta modèle couvre différents concepts liés à la modélisation des processus collaboratifs selon la grammaire BPMN comme le *partenaire Pool* qui représente une entreprise ou une organisation qu'elle que soit son type ainsi, les rôles de ses partenaires

(*partenaire Lane*). Ces organisations peuvent fournir des processus *abstrait*s ou *détaillés*. Ces processus englobent les notions telles que les *activités*, les *événements*, les *gateways*, les *ressources* fournies ou utilisées, les *sequence flow*, les flux d'information (*message flow*) qui caractérisent la communication entre ces organisations. L'interaction entre les organisations est définie par le concept *relation*, l'ensemble de ces relations forme ce qu'on appelle une *topologie* de réseau de collaboration.

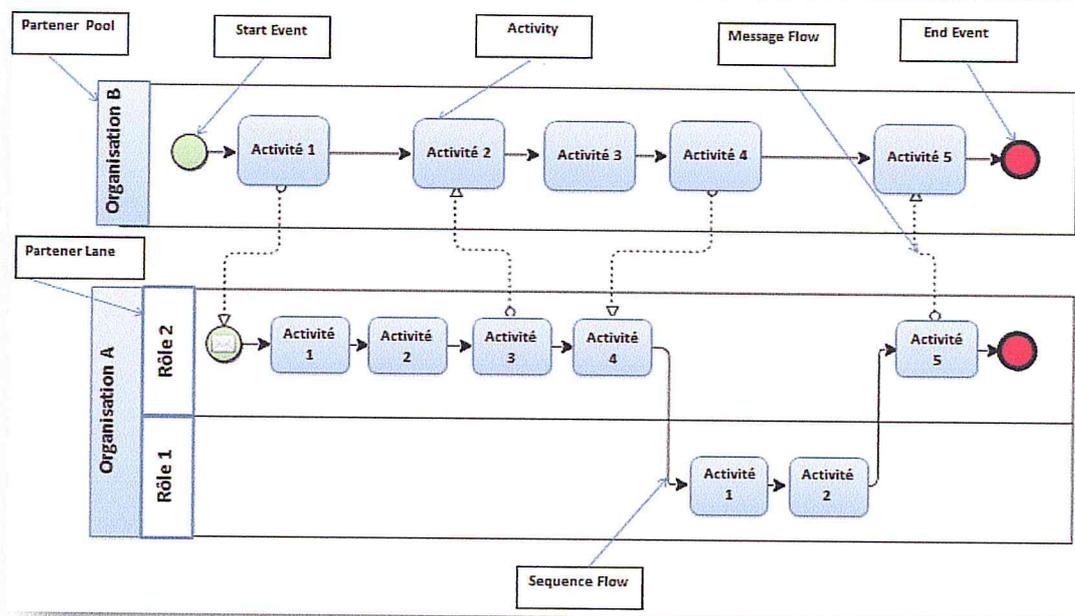


Figure III.5. Un exemple d'un modèle de processus collaboratif en BPMN.

Dans ce qui suit, nous identifions un ensemble des critères qui nous ont permis de faire une étude comparative entre les travaux existants, et positionner notre travail par rapport à ces derniers. Les critères que nous avons considérés pour mener cette étude sont les suivants :

- Le but du travail.
- Les concepts modélisés dans le travail.
- Le contexte de la collaboration.
- L'approche utilisée pour la conception.
- La représentation considérée (ontologie ou méta-modèle).
- La décomposition du processus collaboratif.

Critères	Travaux								Notre travail
	(J.Touzi, 2007)	(V.Rajsiri,2009)	(k. Bouchbout, et al.2010)	(S .Truptil,2011)	(SAIB, et al., 2013)	(W.Mu,2015)			
Contexte de collaboration	Interentreprises	X	X					X	
	Inter-organisationnel			X	X				X
	Systèmes des entreprises					X			
L'approche de conception	MDA	X	X	X		X		X	X
	IDM				X				
	SOA	X	X		X	X		X	
Formalisme de modélisation	UML			X					
	EPC			X					
	BPMN	X	X	X		X		X	X
Définition d'une Ontologie Collaborative		X		X			X	X	
Définition d'un méta modèle de Processus Collaboratif en UML	X	X	X	X	X		X	X	X
Définition des règles de transformation au niveau CIM	X	X	X	X	X		X	X	X
La décomposition du processus collaboratif								X	X

MDA : Architecture Dirigée par les Modèles ; SOA : Architecture Orientée Service ; IDM : Ingénierie Dirigée par les Modèles ; EPC : Event Driven Process Chain ; BPMN : Business Process Modeling Notation ; ATL : Atlas Transformation Language ;

Tableau III.1 : Tableau comparative des travaux sur la modélisation de processus collaboratif.

Critères	Travaux									
	(J.Touzi,2007)	(V.Rajsiri,2009)	(k. Bouchbout, et al.2010)	(S .Truptil,2011)	(SAIB, et al., 2013)	(W. Mu,2015)	Notre travail			
Collaborative Process	x	x	x	x	x	x	x			
Sub Collaborative Process							x			
Strategy/ Operation / Support Process						x				
Pool	x			x	x	x	x			
Lane	x			x	x		x			
Activity / Task/ Fonction	x		x	x	x	x	x			
Message flow	x			x	x		x			
Sequence flow	x		x	x	x		x			
Event	x	x	x	x	x		x			
Gateway	x	x		x	x		x			
Ressource		x	x				x			
Data	x			x	x		x			
Cummun goal		x				x	x			
Role							x			
Topologie		x					x			
RelationShip		x				x	x			
Dependence		x					x			
Coordinator/Sub Coordinator							x			
Participant		x	x				x			
Service		x								

Tableau III.2 : Tableau comparative des concepts utilisés pour la modélisation de processus collaboratif.

D'après l'étude comparative que nous avons effectuée nous pouvons déduire que le but principal des travaux ci-dessus est la modélisation de processus collaboratif, bien qu'il y ait une différence dans les détails de chaque modélisation.

Le travail de (J. Touzi, 2007) définit un modèle de processus collaboratif décrivant la collaboration entre les systèmes d'information des entreprises. (V. Rajsiri, 2009) propose un modèle de processus collaboratif interentreprises qui modélise la collaboration entre les entreprises au sein d'une entreprise virtuelle en se basant sur le modèle de (J. Touzi, 2007). Cependant, (k. Bouchbout, et al.,2010) proposent un modèle générique de processus métiers inter-organisationnel IOBP (Inter organizational Business Processes). Le processus collaboratif proposé par (S .Truptil, 2011) représente la collaboration d'organisations dont le but est de résoudre une situation de crise. Le travail de (SAIB, et al., 2013) définit un modèle de processus collaboratif pour la collaboration des systèmes d'entreprise. L'objectif de travail de (W. Mu, 2015) est de construire aussi automatiquement que possible une cartographie de processus collaborative. Il s'articule autour la collaboration des systèmes d'information organisationnels. Cependant, notre travail définit un modèle de processus collaboratif inter-organisationnel selon la notation BPMN.

Nous avons remarqué que chacun des travaux de (J. Touzi, 2007), (V. Rajsiri, 2009), (SAIB, et al., 2013), (k. Bouchbout, et al.,2010) et (S .Truptil,2011) définissent un seul processus collaboratif qui représente la collaboration. Cependant, notre travail définit un modèle de processus collaboratif inter-organisationnel qui est la composition des sous processus collaboratifs. On a décomposé le processus collaboratif en sous-processus collaboratifs selon les sous objectifs de collaboration afin de réduire sa complexité et faciliter la compréhension de ce dernier par les partenaires de la collaboration.

Concernant le contexte de collaboration, nous pouvons voir que les travaux de (J. Touzi, 2007), (V. Rajsiri, 2009) et (W. Mu, 2015) traitent la collaboration interentreprises. Cependant, le travail de (SAIB, et al., 2013) se base sur la collaboration des systèmes d'entreprises. Le travail de (S .Truptil, 2011) et (k. Bouchbout, et al.,2010) se focalise sur la collaboration inter-organisationnelle. Notre travail s'articule autour la collaboration inter-organisationnelle, on traite la collaboration entre les organisations au sein des différents

structure de la collaboration (entreprise virtuelle, entreprise étendue, entreprise réseau et réseau d'entreprise).

Les concepts utilisés pour modéliser le processus collaboratif diffèrent selon l'objectif et le contexte de chaque travail comme le montre le *Tableau III.2*. Nous avons constaté que certains concepts sont communs d'autres sont spécifiques au contexte de la collaboration. Dans notre cas on a enrichi notre méta modèle de processus collaboratif par des concepts de collaboration et des concepts de processus collaboratif inter-organisationnel selon la notation BPMN. Nous proposons donc un méta modèle dans lequel nous regroupons un nombre maximal des notions concernant la modélisation des processus collaboratifs en BPMN.

En analysant le Tableau III.1, nous pouvons constater essentiellement que les travaux ci-dessus sont basés sur l'approche MDA (Model Driven Architecture). Dans le cadre de notre travail nous allons opter pour cette approche pour la conception de notre modèle de processus collaboratif. Notre travail se positionne au niveau CIM (Computation Independent Model) de cette approche. Elle représente une référence pour atteindre l'interopérabilité entre le modèle du processus collaboratif modélisé et les technologies utilisées et pour réaliser la transformation entre les modèles. L'approche MDA nous permet d'atteindre un niveau d'abstraction plus élevé conduisant à une conception d'un méta modèle de processus collaboratif inter-organisationnel le plus générique possible qui capture autant de connaissances que possible sur la collaboration.

Après étude, nous avons vu que tous les travaux utilisent l'annotation BPMN pour modéliser le processus collaboratif. Cependant, (k. Bouchbout, et al.,2010) définissent un modèle générique de processus collaboratif commun à trois langages de modélisation EPC (Event Driven Process Chain), BPMN (Business Process Modeling Notation), et UML2. Nous utilisons le formalisme BPMN pour modéliser le processus collaboratif inter-organisationnel. Ce langage couvre essentiellement la vue fonctionnelle mais permet aussi de décrire une partie de la vue organisationnelle, de la vue informationnelle et de la vue ressources (J. Touzi, 2007).

Concernant les règles de transformation, nous avons remarqué que les travaux ci-dessus se reposent sur la transformation des modèles chacun selon le but principal de collaboration. (J. Touzi, 2007) définit un ensemble des règles de transformation pour transformer le modèle de processus collaboratif BPMN en un système d'information. Tandis que (V. Rajsiri, 2009)

présente des règles ATL (Atlas Transformation Language) pour transformer le modèle de processus collaboratif extrait de base de connaissance en un modèle BPMN. (SAIB, et al., 2013) propose aussi des règles ATL pour transformer le modèle de processus collaboratif BPMN en un ensemble de services. (S .Truptil, 2011) transforme le modèle de processus collaboratif, qui correspond au niveau CIM de la démarche IDM en un ensemble des services au niveau logique. Ce modèle d'architecture logique est ensuite transformé en modèle d'architecture technique.

Dans le cadre de notre travail, nous allons transformer un modèle UML de processus collaboratif obtenu à l'issue de l'étape qui nous précède dans le projet global CIO-Wf (Collaboration Inter-organisationnelle basée Workflow) en un modèle BPMN de processus collaboratif qui respecte notre méta modèle. On définit des règles de transformations ATL (Atlas Transformation Language). Nous intéressons particulièrement à ATL car il répond à nos exigences en matière de simplicité de définition de règles. L'ATL est un langage à vocation déclarative, mais qui est en réalité hybride regroupant à la fois les paradigmes de programmations déclarative et impérative et permettant de faire des transformations de modèles.

**Partie II : Conception de
méta-modèle BPMN du
processus collaboratif inter-
organisationnel**

4. Description du métamodèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel

A partir de l'étude que nous avons effectuée sur les différents modèles de processus collaboratif existants et l'état de l'art présenté dans le chapitre1, nous présentons dans la figure (Figure III.6) un méta-modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel représenté par un diagramme de classe UML, qui mettant en évidence les principaux concepts et leurs relations.

Notre méta-modèle décrit les différents concepts et notions liées à la modélisation de processus collaboratifs inter organisationnels selon la grammaire BPMN. Ce dernier, définit l'objectif et les sous objectifs de la collaboration, les sous processus collaboratifs, le coordinateur et les sous coordinateurs qui gèrent les processus. Les partenaires, leurs rôles, les relations entre eux, les processus (abstraites ou détaillés) avec lesquels ils participent dans la collaboration, la topologie ainsi que, les interactions entre eux, y compris les échanges de données, les ressources partagés etc.

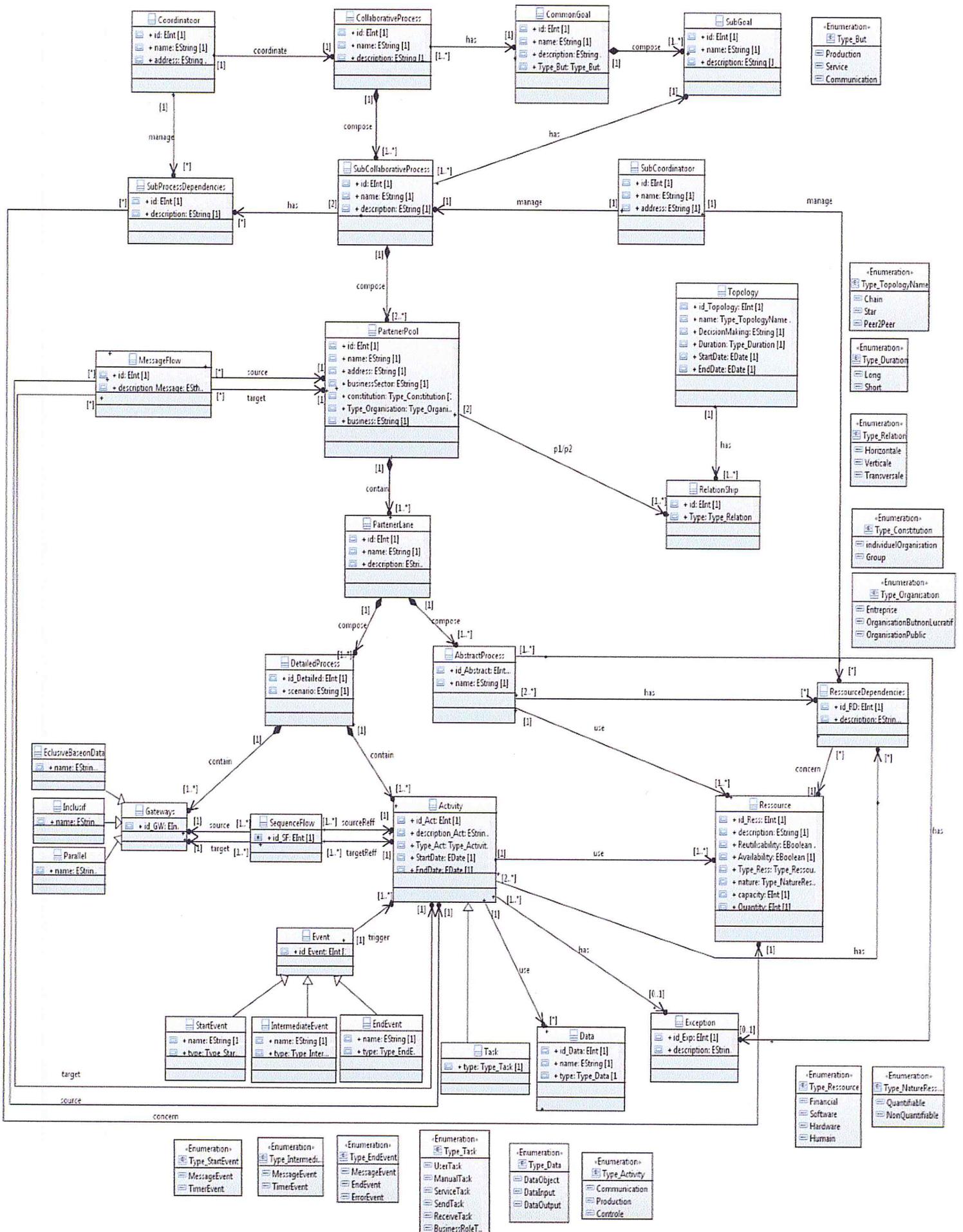


Figure III.6. Le métamodèle BPMN de processus Collaboratif inter-organisationnel.

Pour bien expliquer le métamodèle, nous l'avons décomposé en plusieurs sous diagrammes. Les classes encadrées en couleur rouge dans un diagramme indiquent que c'est des classes qui ont été abordées dans les diagrammes précédents.

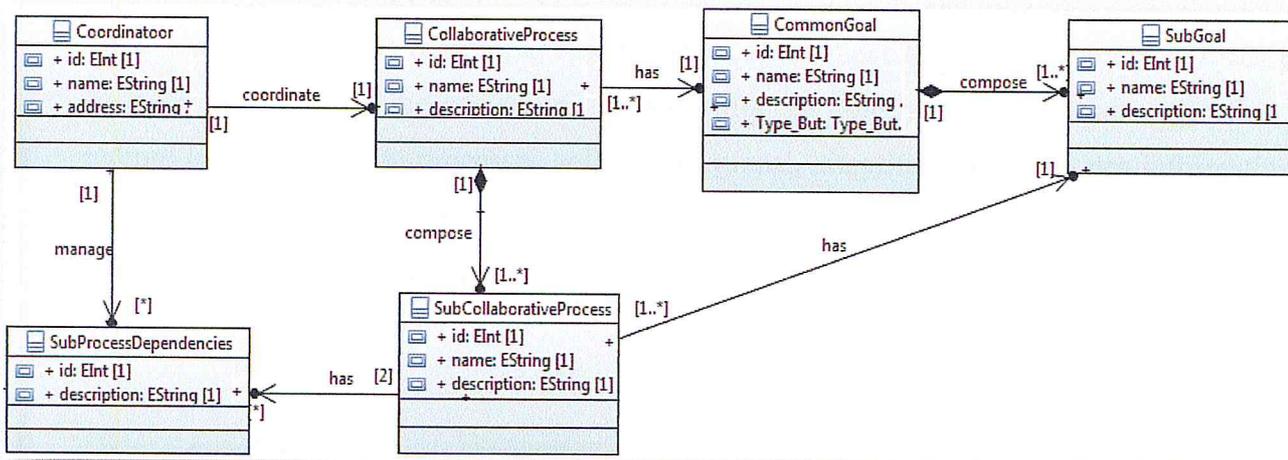


Figure III.7. Diagramme représentant la notion de Processus Collaboratif.

- Un **processus collaboratif** (CollaborativeProcess) est la composition de un ou plusieurs sous processus collaboratif, gérés par un coordinateur, ayant un objectif commun qui représente l'objectif global de la collaboration.
- Un **objectif commun** (CommonGoal) décrit la raison pour laquelle la collaboration existe, il peut être sous forme d'un service ou d'un produit. Il est composé de un ou plusieurs sous objectifs.
- Un **sous objectif** (SubGoal) est la raison pour laquelle la collaboration existe dans le sous processus collaboratif.
- Un **coordinateur** (Coordinator) est le gérant du processus collaboratif, il gère les dépendances de ressources entre les sous processus collaboratifs.
- Une **dépendance de sous processus** (SubProcessDependencies) représente les dépendances de ressources entre les sous processus collaboratifs, elles sont gérées par le Coordinateur. Elle correspond à l'utilisation de la même ressource par deux activités dans deux sous processus collaboratifs différents.

Un sous processus collaboratif est composé de deux ou plusieurs partenaires pools, en BPMN un participant est représenté par un pool. Un sous processus collaboratif peut avoir au moins deux partenaires pools (participants), qui sont liés par une relation. L'ensemble de ces relations forment une topologie.

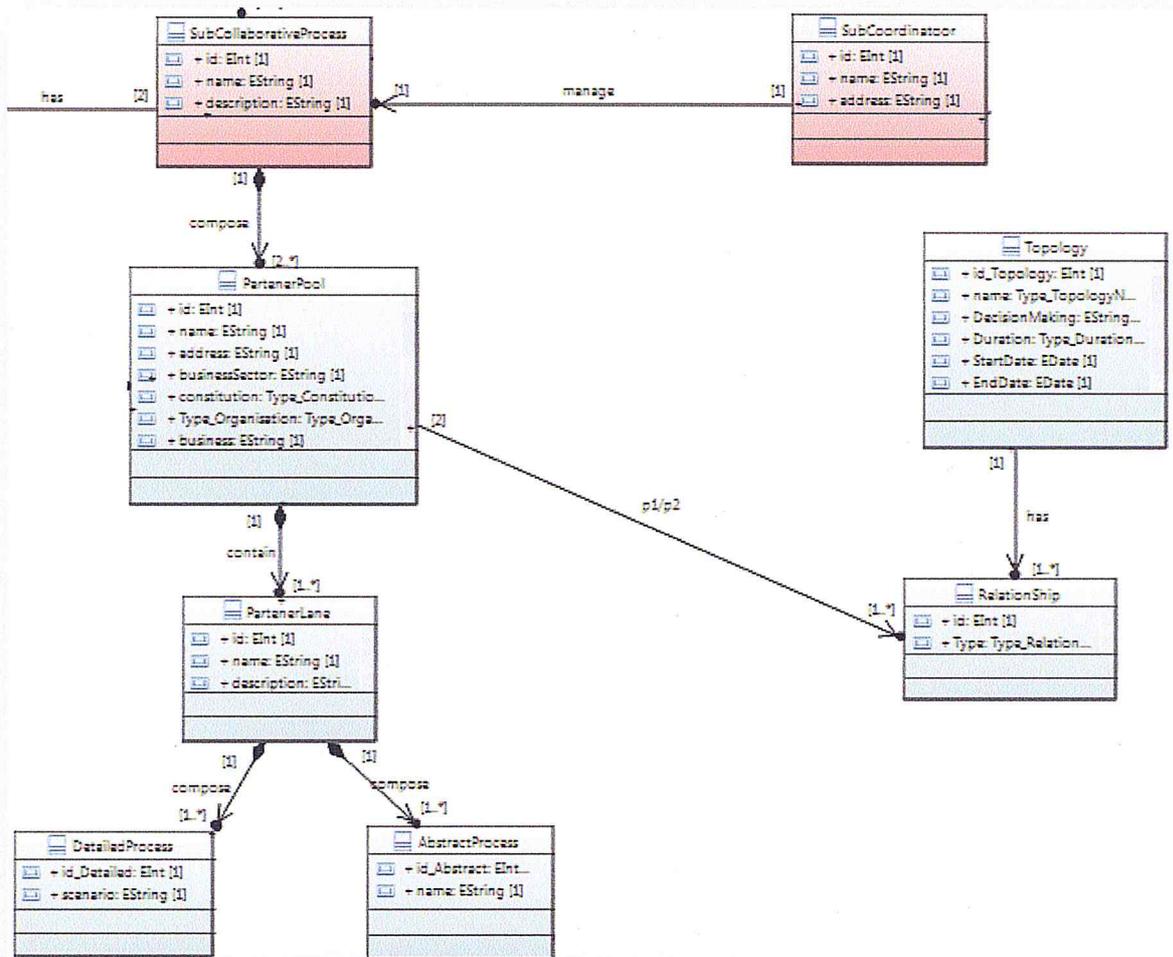


Figure III.9. Diagramme représentant les notions relatives au Sous Processus Collaboratif.

- **Un partenaire Pool** désigne une organisation, un partenaire dans la collaboration, qui va collaborer avec d'autres partenaires. Il est caractérisé par un type et une constitution, cette dernière peut être une organisation individuelle ou un groupe d'organisations. Le type d'organisation peut être une entreprise, une organisation publique ou bien une organisation à but non lucratif. Un partenaire pool contient un ou plusieurs partenaires Lanes.

- Un **partenaire Lane** désigne le rôle d'une organisation. Un rôle est représenté par une Lane en BPMN. C'est la mission confiée à une organisation dans un sous processus. L'organisation a un ou plusieurs rôles selon le processus abstrait ou détaillé avec lequel elle participe dans la collaboration. Une Lane est une subdivision de partenaire Pool, il contient des processus abstraits et des processus détaillés.
- Un **processus abstrait** (AbstractProcess) est une séquence d'activités non détaillées « boîte noire » fournie par un partenaire. Il utilise ou produit des ressources et il peut être interrompu par une exception. Un processus abstrait peut avoir une dépendance de ressource.
- Un **processus détaillé** (DetailedProcess) est un enchaînement d'activités détaillées « l'ensemble d'activités », il peut être déclenché par un événement de début et se termine par un événement de fin. Il peut contenir des gateways qui contrôlent le flux de séquence (Sequence Flow). Les objets de flux (activités, événement, gateways) sont reliés par des SequenceFlow.
- Une **relation** (RelationShip) désigne un lien entre deux partenaires Pools (organisations), il y a trois types de relations : horizontale (concurrence) qui concerne la collaboration entre les entreprises dans le même secteur ou la même industrie, verticale (fournisseur-client) qui concerne la collaboration entre une entreprise et ses partenaires en lui fournissant un service complémentaire nécessaire vis à vis de ses actions ou transversale (groupes d'intérêts) concernant les entreprises qui établissent leur relation pour d'atteindre les mêmes intérêts. L'ensemble de ces relations forme une topologie.
- Une **topologie (Topology)** contient une ou plusieurs relations, elle sert à décrire la structure du réseau de collaboration. Une topologie désigne un graphe où les nœuds sont les organisations et les arêtes sont les relations entre eux. Elle est soit en chaîne est définie comme un système coordonné des organisations, soit en étoile se compose d'une organisation central qui gère l'ensemble du réseau et les autres membres sont directement liés à cette dernière, soit peer-to-peer (P2P) ce qui implique des relations entre toutes les organisations sans hiérarchie.

Un processus détaillé est composé d'une ou de plusieurs activités, qui sont déclenchés par un ou plusieurs évènements. Ainsi que des gateways. Les activités et les gateways sont reliés entre eux par des sequenceFlow.

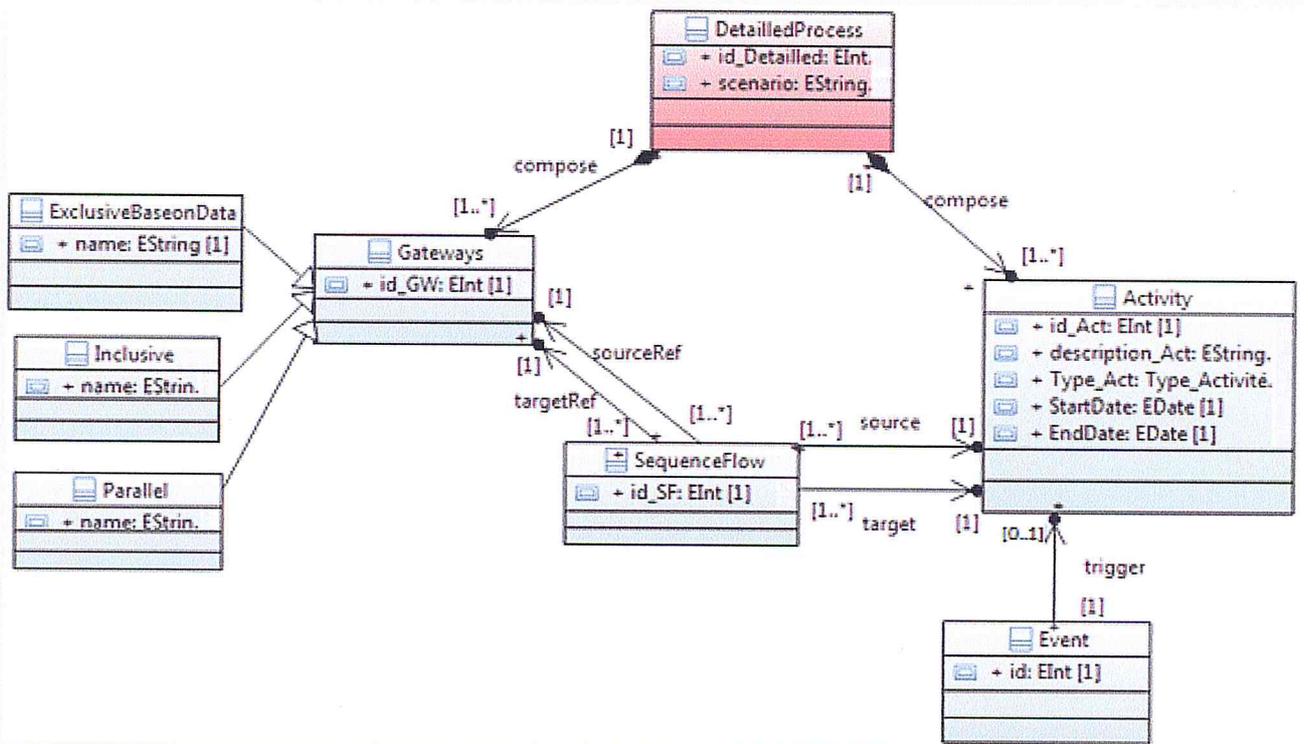


Figure III.10. Diagramme représentant la notion de Processus Détaillé.

- Les **gateways** (passerelles ou branchements) servent à contrôler le flux de séquence du processus. Ils peuvent fusionner ou scinder le flux en fonction des conditions de branchement. Il existe plusieurs sortes de Gateways a sémantiques distinctes soit **exclusive base on data** (exclusive basé sur les données) lors d'une division, le flux de séquence est passé exclusivement à un branchement. Lors d'une convergence, il attend l'arrivée d'un seul flux de séquence entrant pour déclencher le flux de séquence sortant. Soit **inclusive** lors d'une division, un ou plusieurs embranchements sont activés. Tous les embranchements doivent être complétés avant de finaliser une convergence. Soit **parallel** pour la division de flux de séquence, tous les embranchements sont activés simultanément. Lors d'une convergence de flux parallèles, il attend que tous les flux entrants soient complétés pour déclencher le flux sortant.

- Un **sequenceFlow** (flux de séquence) est utilisé pour montrer l'ordre dans lequel les activités seront exécutées dans un processus. Ce flow n'a qu'une seule origine et qu'une seule destination soit à une *activité* ou soit à un *gateway*.
- Une **activité** (Activity) peut être élémentaire, dans ce cas, elle représente une tâche (*Task*). Elle est influencée par des évènements. Elle utilise ou fournit des ressources et utilise des data. L'activité peut être interrompue par une exception. Elle est de type production, communication ou de contrôle. Une activité peut avoir une dépendance de ressource.

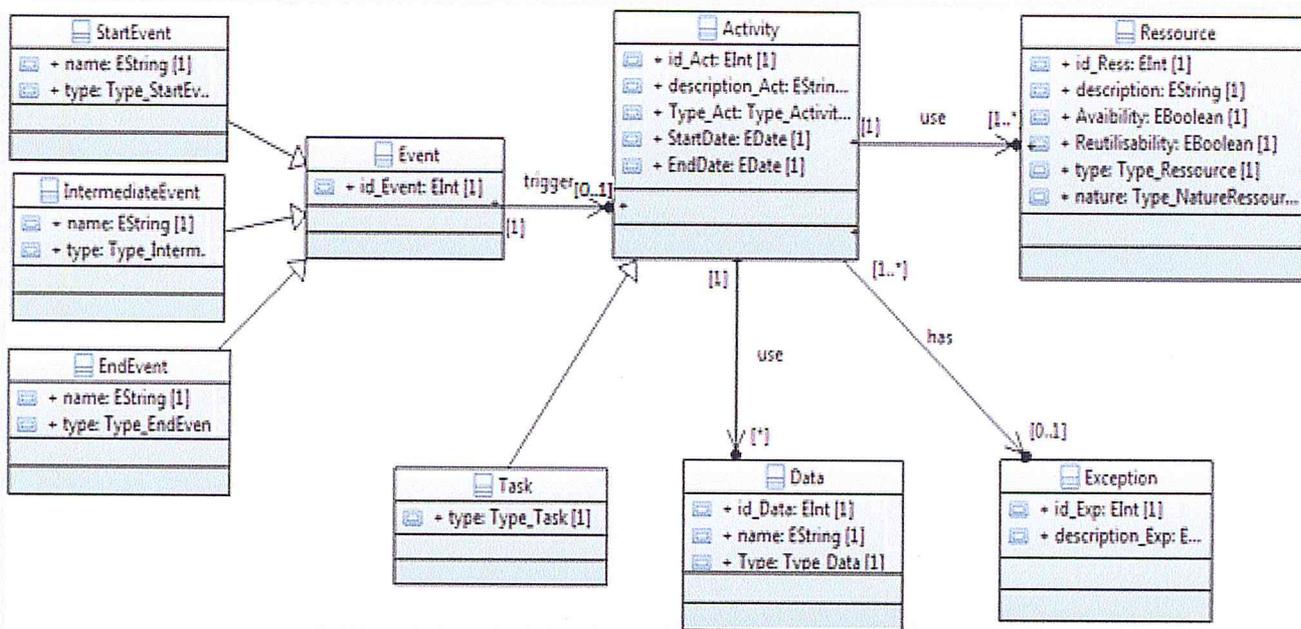


Figure III.11. Diagramme représentant la notion de l'activité.

- Une **task** est un élément indivisible. Elle représente une action. Une tâche peut être de type user task, manual task, Service task, business role task, send task ou receive task.
- Une **ressource** désigne un moyen nécessaire pour réaliser une activité, elle peut être de type hardware, software, humain, financier, ou méthodes. Elle peut être de nature soit non quantifiable i.e. une ressource qui est incalculable ou quantifiable i.e. une ressource calculable.

- Une **event** (événement) survient pour déclencher ou provoquer la fin une activité. Les événements peuvent être : **start event** (événement déclencheur), **intermediate event** (événement intermédiaire) ou **end event** (événement interrupteur).
- Une **exception** est un cas où l'activité ne peut pas continuer à s'exécuter suite à une rupture de ressource.
- Une **data** (donnée) est un type de ressource informationnelle créée, manipulée ou utilisée lors de l'exécution d'une activité. Elle peut être de type data object. Elle représentant une structure d'information traitée par une activité, data input est une entrée externe pour l'ensemble du processus ou data output qui est une donnée disponible pour l'ensemble du processus.
- **MessageFlow** est un connecteur utilisé pour représenter le flux d'information entre les frontières organisationnelles c.à.d. entre deux partenaires pool ou deux activités situées dans deux pools différentes.

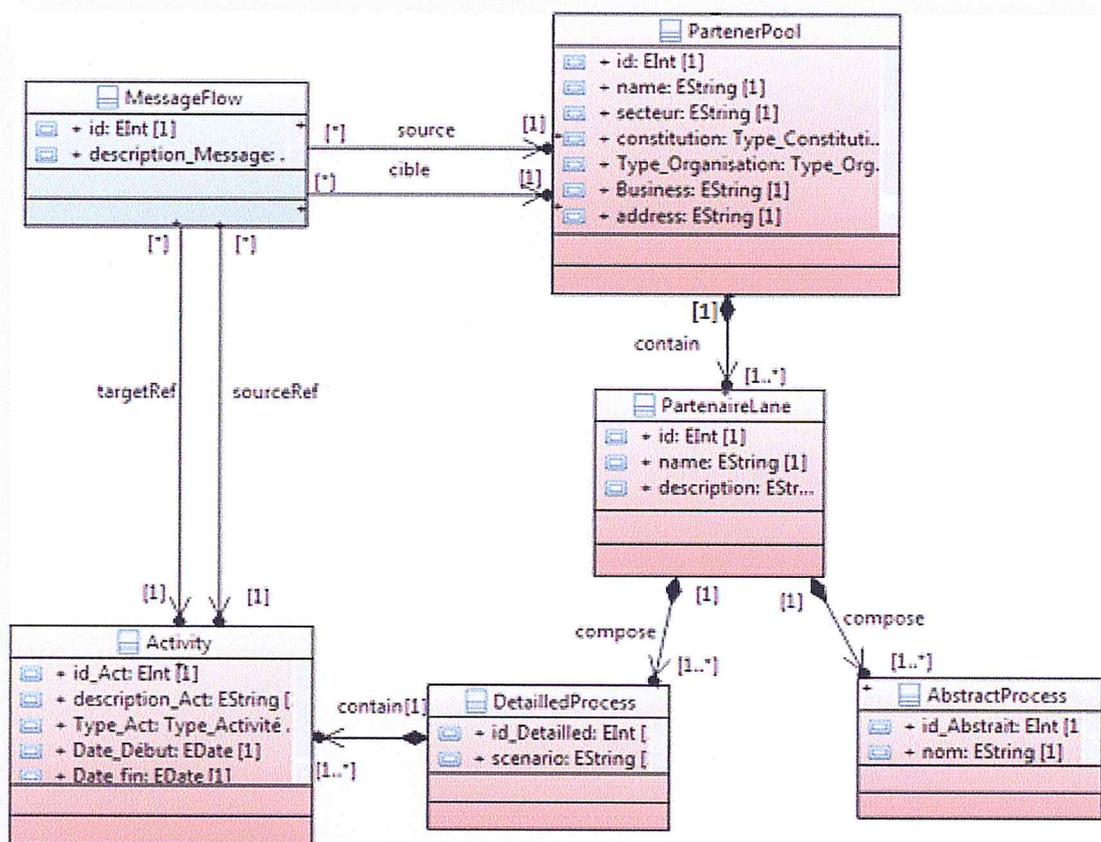


Figure III.12. Diagramme représentant la notion de MessageFlow.

5. Conclusion

Ce chapitre, est consacré pour la modélisation du processus collaboratif inter-organisationnel. Dans la première partie de ce chapitre, nous avons fait une étude comparative entre les différents travaux portant sur la collaboration et la modélisation du processus collaboratif. Dans la deuxième partie, nous avons présenté notre méta modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel.

Afin de mettre en pratique notre travail, nous nous proposons dans le chapitre suivant de présenter en premier lieu les règles ATL de transformation de modèle UML de processus collaboratif en un modèle BPMN. Puis nous allons par la suite présenter l'implémentation de notre éditeur graphique et de ces règles de transformations.

Chapitre 4.

Implémentation des règles de transformation & de l'éditeur de modèle BPMN du processus collaboratif inter-organisationnel

1. Introduction

Dans le présent chapitre, nous commençons par présenter l'architecture technique de notre approche. Nous détaillons ensuite les règles de transformation du modèle UML de processus collaboratif vers un modèle BPMN. Puis nous présentons, chacun des outils et la manière avec laquelle ils sont utilisés pour implémenter, d'une part les règles de transformation et l'application de transformation des modèles UML du processus collaboratif en des modèles BPMN et, d'autre part, pour générer l'éditeur graphique de modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel. En fin de chapitre, nous présentons un exemple d'application basé sur un cas de collaboration dans le but de valider notre approche et de mettre en valeur son intérêt fonctionnel.

2. Architecture technique générale

L'implémentation de notre approche est divisée en deux parties. Le but de la **première partie** est de transformer le modèle UML du processus collaboratif en modèle BPMN par des règles de transformation. Nous avons utilisé Atlas Transformation Language (ATL) pour implémenter ces règles.

La **deuxième partie** s'intéresse à l'implémentation de l'éditeur graphique sous GMF Eclipse dans le but de visualiser le modèle BPMN du processus collaboratif inter-organisationnel, résultat de transformation ATL. La **Figure IV.1** présente l'architecture technique de notre approche.

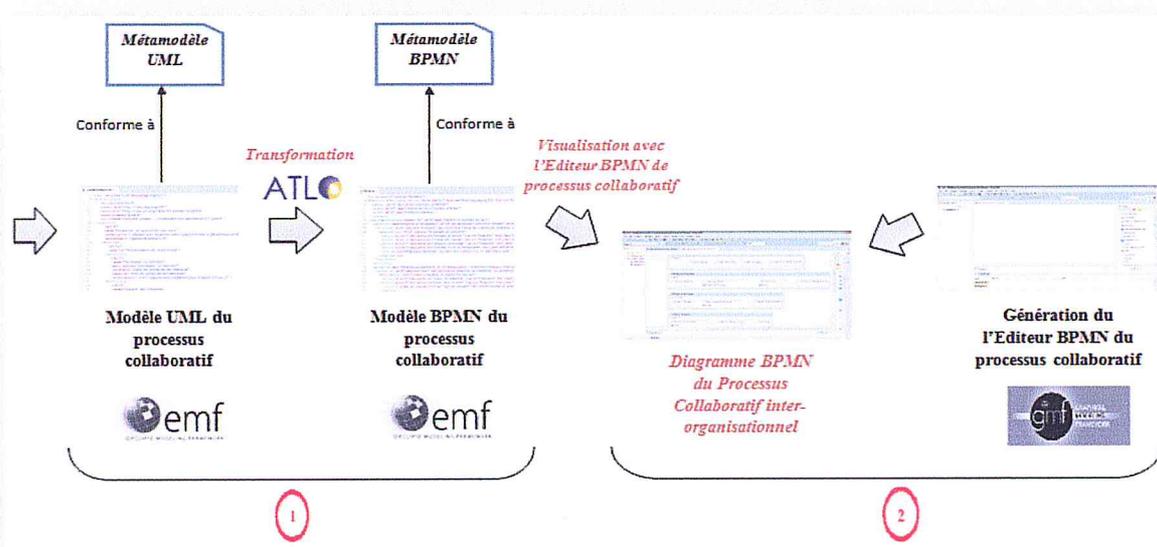


Figure IV.1 Architecture technique de notre approche.

3. Environnement et outils de travail

3.1. L'environnement de développement Eclipse

Eclipse¹ IDE est un environnement de développement intégré libre. C'est un projet open source à l'origine développé par IBM, extensible, universel et polyvalent, permettant potentiellement de créer des projets de développement mettant en œuvre n'importe quel langage de programmation. Cette polyvalence est liée au développement de modules (plug-in) réalisés par la communauté ou des entités commerciales.

Au niveau ergonomie, Eclipse n'a rien à envier à ses concurrents. Toutes les fonctionnalités indispensables sont là : création de projet, de template, refactoring, debuggage ... et remarquablement faciles à prendre en main. Mais la grande force de cet IDE réside dans l'ouverture de son noyau qui permet l'ajout de très nombreux plugins. Son objectif est de produire et de fournir des outils pour la réalisation de logiciels, englobant les activités de programmation (notamment environnement de développement intégré et frameworks) mais aussi d'AGL (Atelier de Génie Logiciel) recouvrant modélisation, conception, test, gestion de configuration... Enfin, Eclipse n'est pas limité au développement Java mais supporte aussi d'autres langages comme PHP, C/C++, etc. Dans notre travail nous utilisons Eclipse Modeling Tools qui propose des outils et des runtimes pour la création des applications à base de modèles.

3.2. Le framework GMF

Graphical Modeling Framework² (GMF) est un framework de l'environnement de travail Eclipse. Il permet aux développeurs de créer un éditeur graphique riche orienté modèle, à partir d'un modèle de domaine existant. Il se base sur les frameworks EMF (Eclipse Modeling Framework) et GEF (Graphical Editing Framework). En prenant le rôle de pont entre ces deux frameworks, GMF fournit de nombreuses fonctionnalités permettant d'automatiser certaines tâches qui étaient réalisées à la main en utilisant directement les frameworks EMF et GEF.

¹ <http://www.eclipse.org>

² <http://www.eclipse.org/modeling/gmp/>

3.2.1. EMF

Eclipse Modeling Framework³(EMF) est un framework de modélisation, une infrastructure de génération de code et des applications basées sur des modèles au sein de la plateforme Eclipse. Partant d'une spécification décrite généralement sous la forme d'un modèle en XMI, EMF fournit des outils permettant de produire des classes Java représentant le modèle avec un ensemble de classes pour adapter les éléments du modèle afin de pouvoir les visualiser, les éditer et les manipuler dans un éditeur graphique. Le choix d'EMF tient à plusieurs raisons :

- La plateforme la plus utilisée dans le domaine de l'IDM est EMF (Louhichi *et al.*, 2011). En fait, il est facile et intuitif à utiliser pour la création, l'édition et la visualisation des modèles. En plus, il fournit la possibilité de valider les modèles créés, une fonctionnalité indispensable pour garder la conformité avec leurs métamodèles.
- La génération automatique de code présente l'un des avantages principaux d'EMF. En fait, à partir d'un modèle Ecore, il est possible d'obtenir une implémentation Java en utilisant l'assistant d'EMF.

Ecore

EMF propose également sa propre notation, appelée Ecore (Steinberg *et al.*, 2009), comme langage canonique pour décrire ses modèles. Un modèle Ecore est, essentiellement, un sous-ensemble du diagramme de classe d'UML et peut donc être considéré comme une implémentation du langage MOF (Meta Object Facility) proposé par l'OMG.

En suivant une approche similaire à MOF, Ecore est défini en utilisant Ecore lui-même, ce qui implique qu'Ecore est le méta-méta-modèle du méta-modèle Ecore. De cette manière, Ecore permet de définir n'importe quel type de métamodèle. Avec cet objectif, il fournit les formalismes nécessaires pour décrire les concepts et les relations qui les relient.

³<http://www.eclipse.org/modeling/emf/>

XMI

Un modèle conceptuel peut être décrit en EMF de différentes façons (code Java, XSD, Rational Rose, etc.). La représentation canonique d'un modèle est Ecore, alors que son format de persistance est XMI (XML Meta data Interchange) (OMG, 2007) qui est la norme proposée par l'OMG pour l'échange de métadonnées de MOF (Meta Object Facility).

Le format XMI a été mis au point afin de permettre la sérialisation de modèles et méta-modèles dans un format physique. Comme son nom l'indique, XMI utilise la syntaxe XML. Pour cette raison, XMI est utilisé pour permettre l'interopérabilité dans l'échange de modèles entre différents formalismes et outils de modélisation.

3.2.2. GEF

Le **Graphical Editing Framework**⁴(GEF) est une infrastructure open source pour créer et utiliser des éditeurs graphiques basés sur Eclipse à partir de modèles existants. GEF comporte deux composantes d'Eclipse: le plugin Draw2d3 qui fournit les outils d'affichage et dessin graphique et GEF qui est basé sur l'architecture MVC (Model-View-Controller), et qui permet la modification du modèle à partir de la Vue. La construction d'un modèle graphique basé sur GEF prend un modèle de domaine comme entrée, à partir d'EMF dans notre cas, et permet de définir les composants graphiques correspondant à chaque élément de ce modèle.

3.3. Atlas Transformation Language ATL

3.3.1. Présentation de l'ATL

L'**Atlas Transformation Language (ATL)** est un langage de transformation de modèles accompagné d'une boîte à outils (toolkit), initialement proposé par le groupe de recherche ATLAS INRIA & LINA. Dans le domaine de l'ingénierie dirigée par les modèles (IDM), ATL fournit aux développeurs un moyen de spécifier la façon de produire un certain nombre de modèles cibles à partir d'un ensemble de modèles de source (ATLAS-INRIA et LINA, 2006).

Le langage ATL est hybride regroupe à la fois les paradigmes de programmations déclarative et impérative. La partie déclarative permet de faire correspondre directement un élément du métamodèle source de la transformation avec un élément du méta-modèle cible de la transformation.

⁴<https://eclipse.org/gef/>

La partie impérative d'ATL complète ces correspondances directes entre éléments. Elle comporte des déclarations conditionnelles, des déclarations de variables, des déclarations de boucle, etc.

Il définit deux types de règles de transformation : *les règles déclaratives* et *les règles appelées*.

- ***Règles déclaratives (Matched rules):***

Les règles déclaratives permettent de faire correspondre certains éléments du modèle source et de générer à partir de ces éléments certains éléments du modèle cible.

- ***Règles appelées (Called rules):***

Les règles appelées permettent de créer explicitement un ensemble d'éléments du modèle cible à partir de code impératif.

Le langage ATL a des types et des expressions qui sont basées sur l'Object Constraint Language (OCL) de l'OMG. Un programme de transformation ATL ou *modules* se compose principalement d'entête (*header*), de *helpers* et de règles de transformation (*transformation rules*) (Jouault et Kurtev, 2005) :

-Le *header* définit le nom du module et les modèles d'entrées/sorties.

- Les *helpers* ressemblent à des fonctions ou des méthodes qui peuvent être appelées dans des règles de transformation ou bien par d'autres *helpers*. Chaque *helper* doit impérativement avoir une valeur de retour.

-Les règles définissent comment les modèles d'entrée sont transformés en modèles cibles.

Elles forment l'élément de base dans ATL (Jouault et Kurtev, 2005).

ATL est accompagné d'un ensemble d'outils construits autour de la plateforme Eclipse, appelés ADT (ATL Development Tools). Cette boîte à outil est composée du moteur ATL de transformation (*Engine block*) et d'un environnement de développement intégré ATL qui comporte plusieurs utilitaires comme les éditeurs dédiés, les débogueurs, la coloration syntaxique, etc.

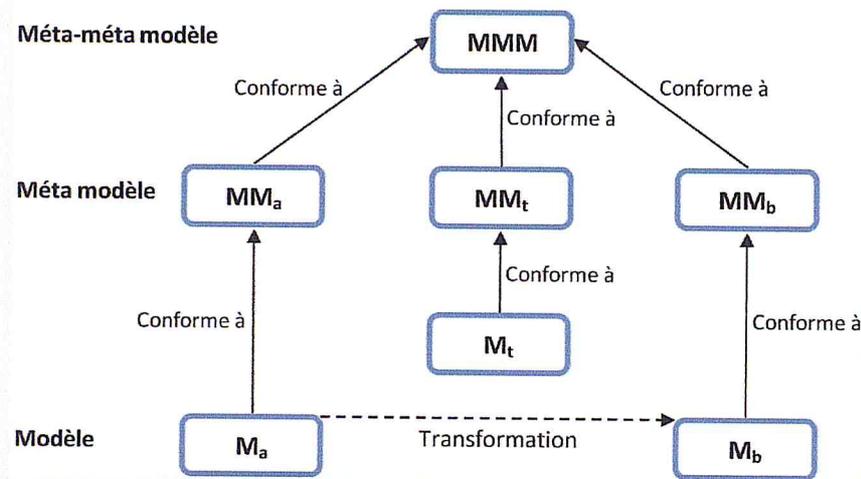


Figure IV.2 Un aperçu de la transformation du modèle (ATLAS-INRIA et LINA, 2006)

La **Figure IV.2** présente un aperçu de transformation des modèles. Un modèle M_a conforme à un méta-modèle MM_a est transformé en un modèle M_b conforme à un méta-modèle MM_b . La transformation est définie par un modèle de transformation M_t qui se conforme à un méta-modèle MM_t . Chaque méta-modèle doit se conformer à un métaméta-modèle MMM (MOF ou Ecore).

3.3.2. Choix d'ATL

Le choix du langage de transformation représente une tâche importante dans le processus de mise en œuvre d'une transformation MDA. Dans le cadre de notre travail, le choix d'ATL tient à plusieurs raisons :

Tout d'abord, l'outil ATL est libre, défini dans un IDE d'Eclipse et son langage ATL est considéré comme étant le langage le plus préféré chez la communauté IDM. Il fournit aux développeurs un moyen de spécifier la façon de produire un certain nombre de modèles cibles à partir d'un ensemble de modèles de source. Il est basé sur des règles avec des constructions déclaratives et impératives. En effet, l'ATL établit un bon équilibre entre la facilité d'utilisation et l'expressivité.

L'une des puissances d'ATL est sa capacité à gérer la complexité des transformations de modèles. La manière la plus basique est l'utilisation des *helpers* qui augmente considérablement la lisibilité et la compréhension de la règle de transformation. De plus,

l'interopérabilité d'ATL avec les outils EMF est une qualité qui a été assurée grâce à sa conformité avec le standard MOF.

4. La transformation du modèle UML en un modèle BPMN

Un des objectifs de notre travail est de transformer le modèle UML de processus collaboratif en un modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel. La transformation prend en entrée le modèle UML conforme au méta-modèles UML de processus collaboratif (méta-modèle source) et produit en sortie un modèle de processus collaboratif en BPMN. Ce dernier va être conforme à notre méta-modèle BPMN. La réalisation de cette transformation nécessite en premier lieu de définir des règles de transformation que nous allons présenter en détail dans cette section. La Figure IV.3 met en évidence la transformation du modèle UML en modèle BPMN.

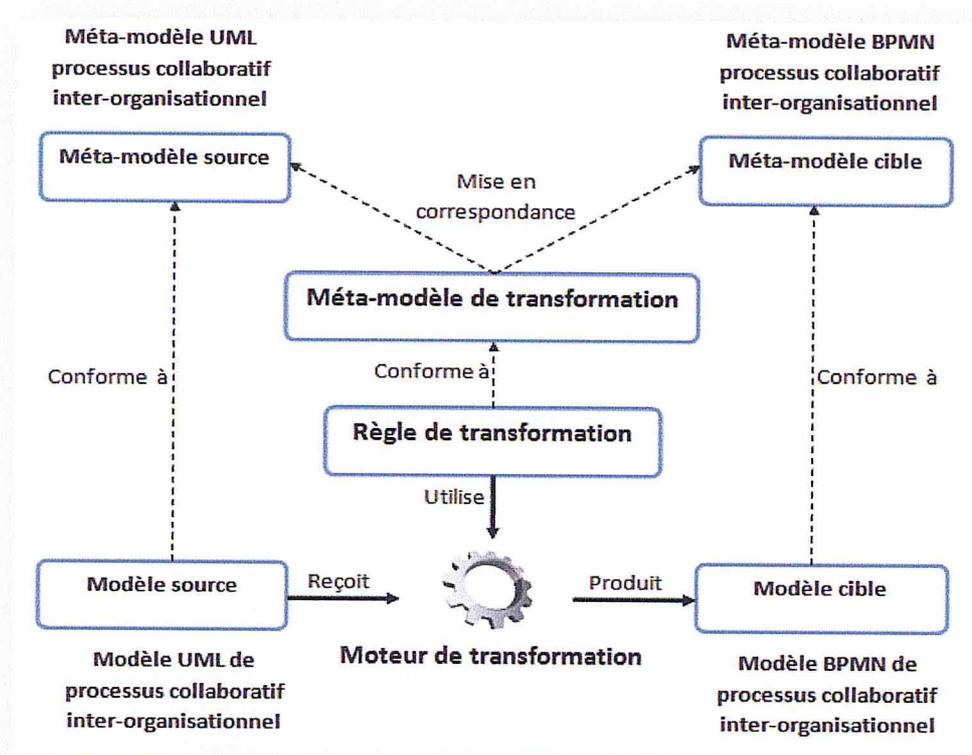


Figure IV.3 La transformation de modèle UML vers modèle BPMN.

Afin d'exprimer les règles de transformation il est nécessaire de disposer d'un langage de spécification de ces règles. Nous nous intéressons particulièrement à ATL car il répond à nos exigences en matière de simplicité de définition de règles.

4.1. Le mappage entre les concepts des méta-modèles

Dans notre cas lors de la transformation du modèle UML de processus collaboratif inter-organisationnel en un modèle BPMN, nous établissons tout d'abord un mapping entre les différents concepts de méta-modèle UML de processus collaboratif (méta-modèle source) et BPMN (méta-modèle cible). Ce mapping est basé sur des correspondances sémantiques que nous avons identifiées entre les concepts des méta-modèles. L'ensemble de ces correspondances va former une base de règles exhaustive et générique. Le mappage est présenté dans le Tableau IV.1 suivant :

Les concepts du méta modèle UML	Les concepts du méta modèle BPMN
Collaborative Process	BPMNCollaborativeProcess
SubProcess	SubCollaborativeProcess
Participant	PartenerPool
Role	PartenerLane
CommunGoal	CommunGoal
SubGoal	SubGoal
ProcessCoordinator	Coordinator
SubProcessCoordinator	SubCoordinator
AbstractProcess	AbstractProcess
DetailedProcess	DetailedProcess
Activity	Activity
Task	Task
Event	Event
Event avec un effetDechlencheur	StartEvent
Event avec un effet Modificateur	IntermediateEvent
Event avec un effet Interrupteur	EndEvent
Transition	SequenceFlow
Gateway	Gateway
Ressource de type matérielle, financière, méthode, humaine, logicielle	Ressource
Ressource de type informationnelle	Data
SubProcessdependencies	SubProcessDependencies
ResourceDependencies	ResourceDependencies
Exception	Exception
Relationship	Relationship
Topologie	Topologie

Tableau IV.1 Mappage entre les concepts du méta-modèles UML et BPMN.

4.2. La description des règles de transformation

La transformation de modèles nécessite l'identification d'un certain nombre de règles basées sur le mappage présenté dans la section précédente. Ces règles décrivent comment transformer un concept source vers un concept cible. Le travail sur les règles de transformation correspond finalement au « cœur applicatif » de notre travail. Nous définissons les règles de transformation avec le langage de transformation ATL (Atlas Transformation Language) comme suit:

➤ **Règle R1 :«SubProcess» ->«SubCollaborativeProcess»**

Le sous Processus (SubProcess) est une partie du processus collaboratif. Il est équivalent au sous processus collaboratif du modèle BPMN. Cette règle transforme le Sous Processus(SubProcess) en Sous Processus Collaboratif (SubCollaborativeProcess).

```
-- @pathbpmn=/TransformationUML2BPMN/MetaModel/BPMNprocess1.ecore
-- @path XML=/TransformationUML2BPMN/MetaModel/collaboration(1)..ecore

--Déclaration du Méta-modèle
module TransformationUML2BPMN;
create OUT : bpmn from IN : XML;

--Règle de Transformation
Rule GenerateSubCollaborativeProcess{
from x:XML!SubProcess
to y:bpmn!SubCollaborativeProcess(

    id<- x.Id,
    name<- x.name,
    subGoal<- x.hasSubGoal,
    subCoordinator<- x.SPC,
    subProcessDepandancies<- x.SPDC,
    partenerPool<- x.participants
)
}
```

Figure IV.4 Description de Règle 1 de transformation en ATL.

En ATL une transformation s'appelle *module*. Le mot-clé OUT indique le métamodèle cible *BPMN*. Le mot clé IN indique le méta-modèle source (*UML*). La règle (GenerateSubCollaborativeProcess) est déclarative. L'élément *SubProcess* du méta-modèle source va être transformé vers l'élément *SubCollaborativeProcess* du méta-modèle cible. On précise ensuite en utilisant l'opérateur de liaison, que les attributs *id*, *name* de la nouvelle classe vont être égaux au *Id*, *name* de la classe source. L'élément *SubCollaborativeProcess* du

modèle cible (BPMN) est définie par des liaisons avec d'autres éléments comme les dépendances de ressources (*SubProcessdependencies*), sous objectif (*SubGoal*), sous Coordinateur (*SubCoordinator*) et Partenaire Pool (*PartenerPool*). Ces liaisons doivent être initialisées par les liaisons qui correspondent dans le modèle source.

➤ **Règle R2 : «Participant» ->«PartenerPool»**

Un participant est une organisation qui a des compétences pour participer à la collaboration. En BPMN un participant est représenté par un pool. Delà cette règle transforme un participant(*Participant*) en Partenaire Pool(*PartenerPool*).

```

Rule GenerateParticipant{
from x:XML!Participant
to y:bpmn!PartenerPool (

id<- x.Id,
name<- x.name,
BusinessSector<- x.BusinessSector,
Constitution <- x.type_constitution,
Type_Organisation<- x.type_organisation,
Business <- x.business,
Adress<- x.Address,
Taille <- x.taille,
partenerLane<- x.Roles,
hasrelationship<- x.participateinrelationship

)}}

```

Figure IV.5 Description de Règle 2 de transformation en ATL.

La règle (*GenerateParticipant*) est déclarative. L'élément *Participant* du méta-modèle source va être transformé vers l'élément *PartenerPool* du méta-modèle cible. Tout les caractéritiques nécessaires vont etre affecté à l'élément *PartenerPool*.

➤ **Règle R3 : «Role» ->«PartenerLane»**

Un rôle (*Role*)est la mission confiée à un participant dans un sous processus. Selon le formalisme BPMN, une lane est une subdivision d'un pool qui représente le rôle du participant. De ce fait, cette règle transforme le rôle du participant(*Role*) en Partenaire Lane (*PartenerLane*).

```

Rule GenerateRole{
from x:XML!Role
to y:bpmn!PartenerLane (

id<- x.Id,
name_Role<- x.name,
description_Role<- x.description,
detailedProcess<- x.HasDetailedProcess,
abstractProcess<- x.hasAbstractProcess,
relationship<- x.relationship

)}

```

Figure IV.6 Description de Règle 3 de transformation en ATL.

La règle *GenerateRole* transforme l'élément *Role* du méta modèle source en élément *PartenerLane* du meta modèle BPMN. Elle permet respectivement de déduire à partir du modèle UML de processus collaboratif l'identifiant de l'élément *Partenaire Pool*, son nom et sa description dans le modèle BPMN.

➤ **Règle R4 : «ProcessCoordinator» -> «Coordinator»**

Cette règle transforme le coordinateur de processus collaboratif (*ProcessCoordinator*) du modèle UML en coordinateur de processus collaboratif (*Coordinator*) du modèle BPMN.

```

Rule GenerateCoordinator {
from x:XML!ProcessCoordinator
to y:bpmn!Coordinator (

id<- x.Id,
name<- x.Name,
adress<- x.Address,
subProcessDependancies<- x.hasSubPrpocessDependencies

)}

```

Figure IV.7 Description de Règle 4 de transformation en ATL.

La règle (*GenerateCoordinator*) qui est déclarative vise à créer un *Coordinator* dans le modèle cible à partir de l'élément UML *ProcessCoordinator*. Nous précisons ensuite en utilisant l'opérateur de liaison, que les attributs *id*, *name*, *adress* de la nouvelle classe vont être égal au *Id*, *name*, *Address* de la classe source. La liaison dépendance de sous processus (*SubProcessdependencies*) sera initialisée par la liaison *hasSubPrpocessDependencies* pour

spécifier les dépendances de ressources de sous processus collaboratifs qui sont gérées par le Coordinateur.

➤ **Règle R5 : «SubProcessCoordinator» -> «SubCoordinator»**

Cette règle concerne la déduction de l'élément Sous Coordinateur (SubCoordinator) du modèle BPMN à partir de l'élément coordinateur du sous processus (SubProcessCoordinator) du modèle UML du processus collaboratif.

```

Rule GenerateSubCoordinator{
from x:XML!SubProcessCoordinator
to y:bpmn!SubCoordinator (

    id<-x.Id,
    name<-x.name,
    adress<-x.Address,
    ressourcedependancies<-x.hasResourceDependencies

)}

```

Figure IV.8 Description de Règle 5 de transformation en ATL.

Comme nous pouvons le constater, l'élément SubCoordinator (Sous Coordinateur) du méta-modèle BPMN de processus collaboratif est déduit directement à partir de l'élément SubProcessCoordinator du modèle source UML. La liaison dépendance de ressource(ressourcedependancies) sera initialisée par la liaison hasResourceDependencies pour spécifier les dépendances de ressources qui sont gérées par le Sous Coordinateur.

➤ **Règle R6 : «CommunGoal» -> «CommunGoal»**

La règle *GenerateCommunGoal* transforme l'élément objectif commun de processus collaboratif (CommunGoal) de modèle UML en élément objectif commun de processus collaboratif de modèle BPMN.

➤ **Règle R7 : «SubGoal» -> «SubGoal»**

L'élément sous objectif (SubGoal) de sous processus collaboratif est déduit directement à partir de l'élément sous objectif de modèle UML avec la règle *GenerateSubGoal*.

```

Rule GenerateSubGoal{
from x:XML!SubGoal
to y:bpmn!SubGoal(

id<- x.Id,
name<- x.name
)}

Rule GenerateCommunGoal{
from x:XML!CommunGoal
to y:bpmn!CommonGoal(

id<- x.Id,
description<- x.Description,
type_But<- x.Type,
subGoal<- x.SubGoals
)}

```

Figure IV.9 Description de Règle 6 et Règle 7 de transformation en ATL.

➤ **Règle R8 : «AbstractProcess»- > «AbstractProcess»**

La règle *GenerateAbstractProcess* qui est déclarative vise à créer l'élément processus abstrait (*AbstractProcess*) de modèle cible à partir de l'élément UML *AbstractProcess*. Nous précisons en utilisant l'opérateur de liaison, que les attributs *id*, *name* de la nouvelle classe vont être égaux aux *Id*, *name* de la classe source et les liaisons *ressource*, *exception*, *RessourceDependancies* vont être égaux aux *hasResource*, *hasException*, *hasResourceDependencies*.

```

Rule GenerateAbstractProcess {
from x:XML!AbstractProcess
to y:bpmn!AbstractProcess (

id<- x.Id,
name<- x.name,
ressource<- x.hasResource,
exception<- x.hasException,
RessourceDependancies<- x.hasResourceDependencies
)}

```

Figure IV.10 Description de Règle 8 de transformation en ATL.

➤ **Règle R9** : «DetailedProcess»- > «DetailedProcess»

Cette règle (*GenerateDetailedProcess*) transforme l'élément processus détaillé (*DetailedProcess*) du modèle UML en élément processus détaillé (*DetailedProcess*) du modèle BPMN. Les caractéristiques *id*, *Scenario* et les liaisons *Activity*, *Event*, *Gateway* sont déduit directement à partir de l'élément source

```

Rule GenerateDetailedProcess {
  from x:XML!DetailedProcess
  to y:bpmn!DetailedProcess (

    id<- x.Id,
    Scenario <- x.scenario,
    Activity<- x.activities,
    Event <- x.events,
    Gateway <- x.gateway
  )}

```

Figure IV.11 Description de Règle 9 de transformation en ATL.

➤ **Règle R10** : « Activity »- > « Activity»

Le concept activité du modèle UML se transforme directement vers le concept activité en BPMN.

```

Rule GenerateActivity {
  from x:XML!Activity
  to y:bpmn!Activity (

    id_Act<- x.Id,
    description_Act<- x.description,
    Type_Act<- x.Type,
    Start_Date<- x.dateDebut,
    End_Date<- x.DateFin,
    Task<- x.Tasks,
    relationActivity<- x.relationActivity,
    ressource<- x.hasResource->select(e|e.ocIIsTypeOf(XML!Resource))
      ->select(e|e.Type=#Financialore.Type=#Humain
      Or e.Type=#Methodsore.Type=#Softwareore.Type=#Hardware),
    data<- x.hasResource->select(e|e.ocIIsTypeOf(XML!Resource))
      ->select(e|e.Type=#Information),
    Exception <- x.Exceptions,
    sequenceFlow<- x.transition,
    RessourceDependancies< -x.hasresourceDependencies
  )}

```

Figure IV.12 Description de Règle 10 de transformation en ATL.

Cette règle *GenerateActivity* transforme l'élément *Activity* du méta modèle source en élément *Activity* du méta modèle cible. Nous précisons ensuite en utilisant l'opérateur de liaison, que les attributs *id_Act*, *description_Act*, *Type_Act*, *Start_Date*, *End_Date* de la nouvelle classe vont être égaux aux *Id*, *description*, *Type*, *dateDebut*, *DateFin* de la classe source. Les liaisons de l'élément *Activity* de modèle cible (*BPMN*)*Task*, *relationActivity*, *Exception*, *sequenceFlow* et *RessourceDependancies* doivent être initialisées par les liaisons *Tasks*, *relationActivity*, *Exceptions*, *transition*, *hasresourceDependencies* de modèle source. La liaison ressource est initialisée par la liaison *hasResource* tel que on cherche une instance de l'élément *Ressource* de *Type* matérielle ou financière ou méthode ou humaine ou logicielle et non informationnelle. Cependant, la liaison *data* est initialisée par la liaison *hasResource* tel que on cherche une instance de l'élément *Ressource* uniquement de *Type* informationnelle.

➤ **Règle R11 : «Task» - > «Task»**

Une tâche est le plus petit élément de décomposition d'une activité. En BPMN une activité peut être une tâche si elle est élémentaire. Cette règle transforme l'élément tâche (Task) du modèle UML en l'élément tâche (Task) du modèle BPMN.

```

Rule GenerateTask{
  from x:XML!Task
  to   y:bpmn!Task (

  id_task<-x.Id,
  description_Task<-x.name,
  type<-x.type_task
  )}

```

Figure IV.13 Description de Règle 11 de transformation en ATL.

En définissant la règle *GenerateTask*, l'élément du modèle cible tâche (Task) est déduit par correspondance directe d'éléments du modèle source tâche (Task).

➤ **Règle R12: «Event et Event.effet= Déclencheur» - > «StartEvent»**

Cette règle transforme un évènement à effet déclencheur en un évènement de début (StartEvent).

```

Helper context XML!Event def:isTriggerEvent():Boolean=
    if (self.effet=#Declencheur) then true
    else false
endif

;
Helper context XML!Eventdef: getType():String=
if self.type=#Externe then 'MessageEvent'
    else if self.type=#Temporaire then 'TimerEvent'
        else if self.type=#Interne then 'None'
            else OclUndefined
        endif
    endif
endif

;
Rule GenerateStartEvent{
from x:XML!Event (x.oclIsTypeOf(XML!Event) and x.isTriggerEvent())
to y:bpmn!StartEvent (
    name<- x.name,
    type<- x.getType(),
    id_Event<- x.Id,
    EventActivity<- x.declencheActivity
)}

```

Figure IV.14 Description de Règle 12 de transformation en ATL.

Pour cela, la règle (*GenerateStartEvent*) cherche les éléments *Event* du modèle source qui ont un effet *Déclencheur*. On précise ensuite en utilisant l'opérateur de liaison, que les attributs *id_Event*, *name* de la nouvelle classe vont être égaux aux *Id*, *name* de la classe source. Pour déduire le *type* de l'évènement on fait appelle au *helpergetType()*. Dans le contexte d'ATL, ces méthodes sont appelées "helpers". Les *helpers* servent à éviter la redondance de code et la création de grandes expressions dans une règle. Ceci induit aussi une meilleure lisibilité des programmes ATL.

➤ **Règle R13** : «Event et Event.effet = Modificateur»- >«IntermediateEvent»

Cette règle transforme un évènement à effet modificateur en un évènement intermédiaire (*IntermediateEvent*).

```

Helper context XML!Event def:isModifierEvent():Boolean=
  If self.effet=#Modificateur then true
  Else false
  endif
;
Helper context XML!Event def: getType2():String=
if (self.effet=#Modificateur and self.type=#Externe) then 'MessageEvent'
else if (self.effet=#Modificateur and self.type=#Temporaire) then
  'TimerEvent'
  Else OclUndefined
  endif
endif
;

Rule GenerateIntermediateEvent{
from x:XML!Event(x.oclIsTypeOf (XML!Event) and x.isModifierEvent())
to y:bpmn!IntermediateEvent(

  id_Event<- x.Id,
  name<- x.name,
  type<- x.getType2(),
  EventActivity<- x.declencheActivity
)}

```

Figure IV.15 Description de Règle 13 de transformation en ATL.

La règle *GenerateIntermediateEvent* cherche l'élément *Event* d'un effet *Modificateur* du modèle source pour le transformer en élément *IntermediateEvent* du modèle cible BPMN. Les attributs du modèle BPMN *id_Event*, *name* sont déduit directement, alors que l'attribut *type* est déduit par le *helpergetType2()*. La liaison *EventActivity* est initialisée par *declencheActivity* pour spécifier l'activité concernée par l'évènement intermédiaire.

➤ **Règle R14** : «Event et Event.effet = Interrupteur»- >«EndEvent»

Cette règle transforme un évènement à effet interrupteur en un évènement de fin (EndEvent).

```

Helper context XML!Event def:isInterruptEvent():Boolean=
if (self.effet=#Interrupteur and self.type=#Interne) then true
  else false
endif
;

Helper context XML!Eventdef: getType3():String=
If self.type=#Interne then 'EndEvent'
Else 'None'
endif
;

Rule GenerateEndEvent{
from x:XML!Event(x.ocliIsTypeOf(XML!Event) and x.isInterruptEvent() )
to y:bpmn!EndEvent (

name<- x.name,
type<- x.getType3(),
id_Event<- x.Id,
EventActivity<- x.declencheActivity

```

Figure IV.16 Description de Règle 14 de transformation en ATL.

Comme nous pouvons le remarquer, l'élément cible *EndEvent* est déduit par la transformation de l'élément *Event* où la valeur de l'attribut *effet* est égale à *Interrupteur*. Les attributs de modèle BPMN *id_Event*, *name* sont affecté directement, alors que l'attribut *type* est déduit par le *helpergetType3()*. La liaison *EventActivity* est initialisée par *declencheActivity* pour spécifier l'activité concernée par l'évènement interrupteur.

➤ **Règle R15 : «Transition» -> «SequenceFlow»**

Une transition est un point dans l'exécution d'une instance de processus où une activité se termine et une autre démarre. Il matérialise le passage d'une activité vers l'autre. Le *SequenceFlow* décrit la séquence d'activités les unes par rapport aux autres. Cette règle transforme donc la *Transition* en *SequenceFlow*.

```

Rule GenerateSequenceFlow{
from x:XML!Transition
to y:bpmn!SequenceFlow (

    id_SF<-x.Id,
    Expression <-x.name,
    sourceReff<-x.debut,
    targetReff<-x.fin,
    source<-x.source,
    target<-x.target
)}}

```

Figure IV.17 Description de Règle 15 de transformation en ATL.

La règle (*GenerateSequenceFlow*) est déclarative. Elle transforme l'élément *Transition* du modèle source en élément *SequenceFlow* du modèle cible BPMN. Les liaisons *debut* et *fin* qui spécifient l'activité du modèle source sont affectées aux liaisons *sourceReff* et *targetReff* du modèle cible. Les liaisons *source* et *target* au Gateway sont déduits directement.

➤ **Règle R16 :** «Gateway» -> «Gateway»

Les gateways servent à contrôler le *SequenceFlow* du processus. Cette règle *GenerateGateway* transforme l'élément *Gateway* qui peut être de type exclusive basé sur les données (exclusive basé sur les données) ou inclusive ou parallèle en élément *Gateway* selon le type qui correspond.

```

Rule GenerateGateway{
from x:XML!Gateway
to y:bpmn!Gateway(

    id_GW<-x.Id,
    Type<-x.Type,
    sequenceFlow<-x.transition

)}}

```

Figure IV.18 Description de Règle 16 de transformation en ATL.

➤ **Règle R17 :** «Ressource et Ressource. type ≠ informationnelle» ->«Ressource»

La règle *GenerateRessource* transforme chaque *Resource* de type matérielle, financière, méthode, humaine, logicielle et non informationnelle en un *Ressource*. Nous déclarons donc un *helper* (*isNotInformationType()*) pour vérifier si l'élément

Resource du modèle source répond à ces condition puis on déduit par correspondance directe les caractéristiques du modèle cible (BPMN).

```

Helper context XML!Resource def:isNotInformationType():Boolean=
If self.Type=#Financial or self.Type=#Humain or
self.Type=#Methodes
    Or self.Type=#Software or self.Type=#Hardware
    Then true
    Else false
    endif
;
Rule GenerateRessource{
from x:XML!Resource(x.isNotInformationType())
to y:bpmn!Ressource(

id_Res<- x.Id,
reutilisability<- x.reutilisabilte,
Availability<- x.Disponibilite,
type_Res<- x.Type,
nature<- x.nature,
description<- x.description,
Capacity<- x.Capacity,
Quantity<- x.quantity)}}
    
```

Figure IV.19 Description de Règle 17 de transformation en ATL.

➤ **Règle R18** :«Ressource et Ressource. type =informationnelle»- >«Data »

L'élément *Data* est déduit à partir d'un élément *Ressource* de type informationnelle. Cette règle (*GenerateData*) permet de transformer chaque élément *Ressource* de type informationnelle en élément *Data*.

```

Helper context XML!Resource def:isInformationType():Boolean=
If self.Type=#Information then true
    Else false
    endif
;
Rule GenerateData{
from x:XML!Resource(x.isInformationType())
to y:bpmn!Data(

id_Data<-x.Id,
name<-x.description

)}}
    
```

Figure IV.20 Description de Règle 18 de transformation en ATL.

➤ **Règle R19** : «SubProcessdependencies» - > «SubProcessdependencies»

Les dépendances de ressources (SubProcessdependencies) entre les sous processus collaboratifs. Elle correspond à l'utilisation de la même ressource par deux activités dans deux sous processus collaboratifs différents. Cet élément est déduit directement à partir du modèle source SubProcessdependencies, en spécifiant la ressource qui est en dépendance.

```

Rule GenerateSubProcessDependencies{
from x:XML!SubProcessdependencies
to y:bpmn!SubProcessDependencies(

id_SubPro<-x.Id,
ressource<-x.useResource

)})
    
```

Figure IV.21 Description de Règle 19 de transformation en ATL.

➤ **Règle R20** : «ResourceDependencies» - >«ResourceDependencies»

Une dépendance de ressource (ResourceDependencies) correspond à l'utilisation de la même ressource entre deux activités. Delà cette règle transforme directement l'élément ResourceDependencies du modèle UML en ResourceDependencies du modèle BPMN.

```

Rule GenerateRessourceDependancies{
from x:XML!ResourceDependencies
to y:bpmn!RessourceDependancies(

id_RD<- x.Id,
ressource<- x.hasresource

)})
    
```

Figure IV.22 Description de Règle 20 de transformation en ATL.

➤ **Règle R21 : «Exception»- > «Exception»**

L'exception dans le modèle UML est équivalent à l'exception dans le modèle BPMN.

```

Rule GenerateException{
from x:XML!Exception
to y:bpmn!Exception (
    id_Exp<-x.Id,
    name_Exp<-x.name
)}
    
```

Figure IV.23 Description de Règle 21 de transformation en ATL.

Cette règle (*GenerateException*) transforme directement l'élément *Exception* du modèle source vers l'élément *Exception* du modèle cible.

➤ **Règle R22 : «Relationship»- >«Relationship»**

Une relation(*Relationship*) est déduite directement de l'élément relation (*Relationship*) du modèle UML avec la règle suivante :

```

Rule GenerateRelationship{
from x:XML!Relationship
to y:bpmn!RelationShip(
    id<-x.Id,
    type<-x.Type,
    source<-x.source,
    target<-x.target
)}
    
```

Figure IV.24 Description de Règle 22 de transformation en ATL.

➤ **Règle R23 : «Topology»- >«Topology»**

Cette règle transforme l'élément Topologie du modèle UML qui décrit l'ensemble des relations entre les participants en l'élément Topologie du modèle BPMN.

```

Rule GenerateTopologie{
from x:XML!Topologie
to y:bpmn!Topology(

id_Topology<-x.id,
name<-x.name,
DecisionMaking<-x.DecisionMaking,
Duration_Type<-x.type,
BeginDuration<-x.begin_Duration,
End_Duration<-x.end_Duration,
hasRelationship<-x.hasRelationship

)}

```

Figure IV.25 Description de Règle 23 de transformation en ATL.

Les règles de transformation ATL présentées dans cette section nous permettons de transformer le modèle UML de processus collaboratif (qui représente l'entrée de notre démarche) en un modèle BPMN de processus collaborative inter-organisationnel.

4.3. Implémentation des règles de transformation : du modèle UML au modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel

4.3.1. Objectifs

L'objectif derrière l'implémentation des règles de transformation est de transformer le modèle UML processus collaboratif inter-organisationnel en un modèle BPMN.

Afin de réaliser la transformation d'une manière automatique nous développons une application de transformation des modèles UML du processus collaboratif inter-organisationnel en des modèles BPMN. Cette dernière permet d'importer le modèle UML du processus collaboratif et d'exporter le modèle BPMN, résultat de la transformation.

La transformation permet de générer le modèle BPMN de processus collaboratif (fichier *.xmi). Ce fichier sera par la suite injecté dans notre éditeur graphique pour le visualiser.

Comme il montre la Figure IV.26, la transformation ATL prend en entrée un modèle en format XML conforme au méta-modèle UML de processus collaboratif et produit en sortie un modèle de processus collaboratif en BPMN .Ce dernier va être conforme à notre méta-modèle

BPMN. La transformation est basée sur un fichier de transformation ATL appelé *TransformationUML2BPMN.atl* dans lequel nous définissons les règles de transformation.

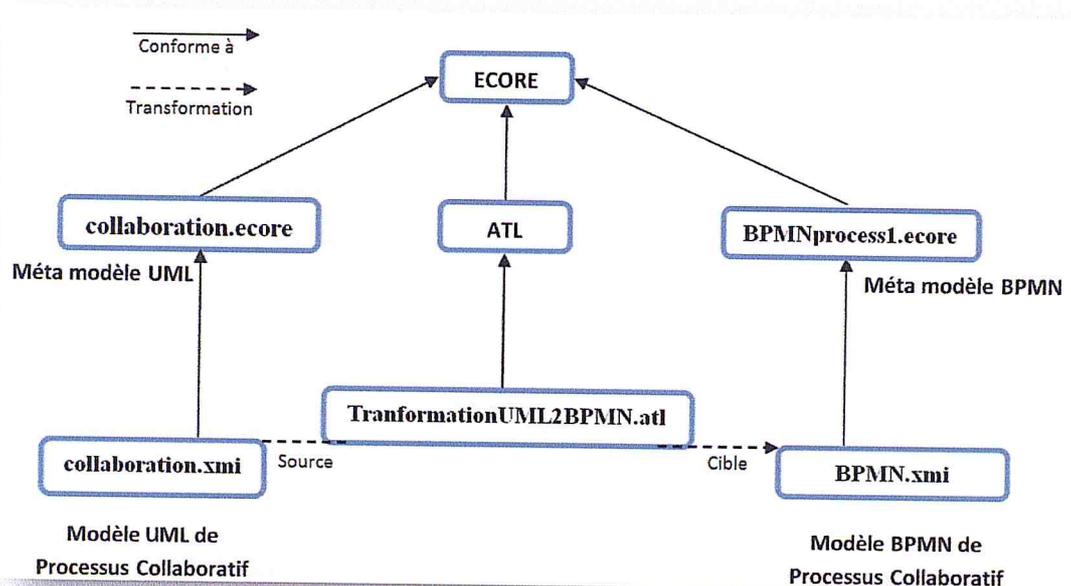


Figure IV.26 Aperçu de transformation du modèle UML au modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel.

La transformation des modèles nécessite un ensemble de pré requis :

- **Le métamodèle UML du Processus Collaboratif :**

C'est le fichier *collaboration.ecore* qui décrit les différents concepts liés à la modélisation de processus collaboratif en UML et la collaboration tel que l'objectif de collaboration, les partenaires, leurs les processus abstraits et détaillés, les relations entre eux, les ressources partagées, etc. Ce méta-modèle est réalisé avec l'éditeur EMF d'Eclipse. La figure suivante (**Figure IV.27**) montre un aperçu de ce fichier, ouvert dans l'éditeur EMF.

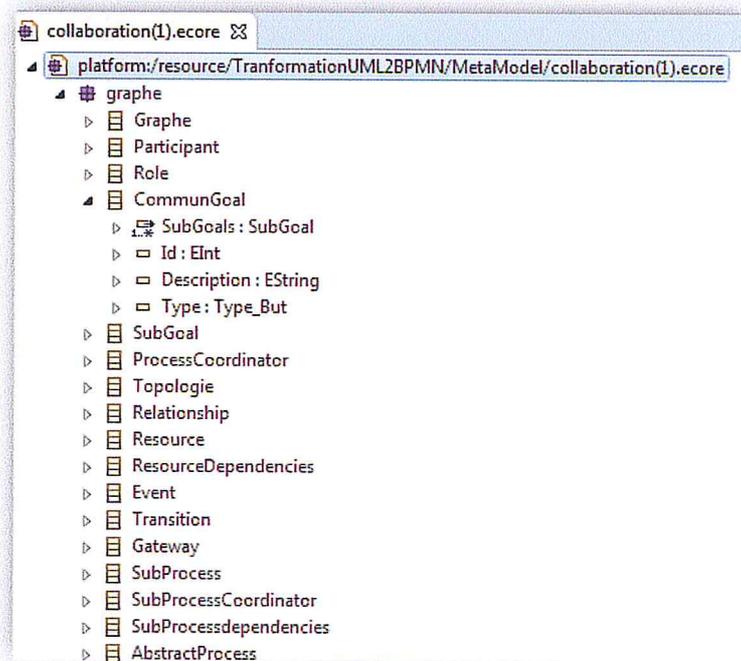


Figure IV.27 Le métamodèle UML du processus Collaboratif modélisé avec l'éditeur EMF d'Eclipse.

- **Le modèle UML du Processus Collaboratif :**

L'instanciation de métamodèle UML de processus Collaboratif, produira un fichier nommé *collaboration.xmi* qui sera le point d'entrée pour l'outil ATL. Le modèle de processus collaboratif sous format XML représente l'entrée de notre étude par rapport au projet globale CIO-Wf (Collaboration Inter-organisationnelle centrée Workflow). La figure suivante (**Figure IV.28**) montre un exemple de modèle sous format XML de Processus Collaboratif, vu par l'éditeur XML.

```

1 <?xml version="1.0" encoding="ASCII"?>
2 <graphe:Graphe
3   xmi:version="2.0"
4   xmlns:xmi="http://www.omg.org/XMI"
5   xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
6   xmlns:graphe="graphe"
7   xsi:schemaLocation="graphe ../MetaModel/collaboration(1).ecore">
8   <subproces
9     Id="34"
10    name="Fondation et elevation des murs"
11    useResource="//@subproces.0/@detaileds.1/@activities.1/@hasResource.0 // @subproces.0/@deta
12    hasSubGoal="//@goal/@SubGoals.0">
13   <detaileds
14     Id="22"
15     senario="Terrassement et excavation">
16     <activities
17       Id="1"
18       name="Terrasser le terrain"
19       description="Terrasser le terrain"
20       dateDebut="2016-05-10T00:00:00.000+0100"
21       DateFin="2016-05-24T00:00:00.000+0100"
22       relationActivity="//@subproces.0/@detaileds.0/@activities.1"/>
23     <activities
24       Id="2"
25       name="Creuser des tranches"

```

La Figure IV.28 Un exemple du modèle UML de processus collaboratif vu par l'éditeur.

- **Le métamodèle BPMN du Processus Collaboratif Inter-organisationnel :**

C'est le fichier *BPMNprocess1.ecore* qui correspond au notre méta-modèle de processus collaboratif inter-organisationnel présenté dans le chapitre III. Il décrit les différents concepts liés à la collaboration et à la modélisation de processus collaboratif selon la grammaire BPMN. Nous optons pour la réalisation de ce méta-modèle en utilisant l'éditeur EMF d'Eclipse. La figure suivante (**Figure IV.29**) montre un aperçu de ce fichier, ouvert dans l'éditeur EMF.

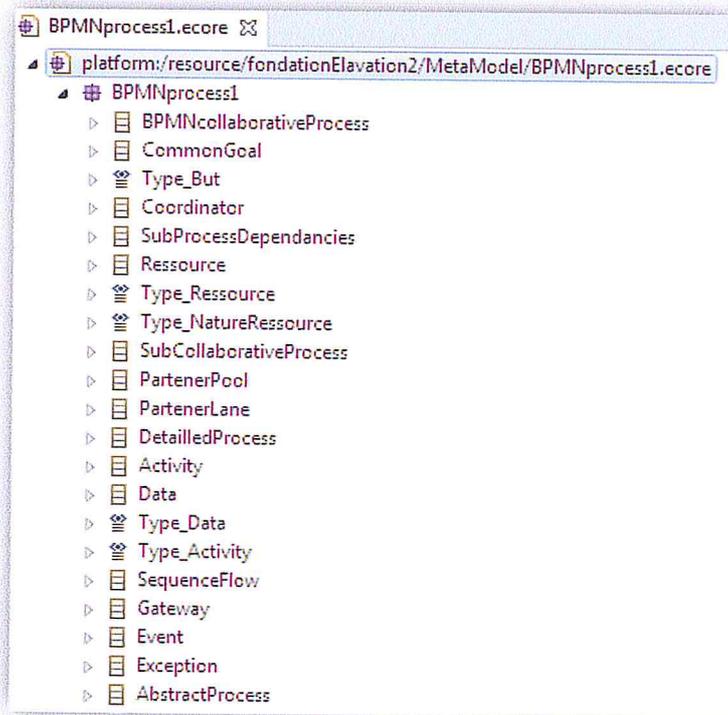


Figure IV.29 Le métamodèle BPMN du Processus Collaboratif Inter-organisationnel modélisé avec l'éditeur EMF d'Eclipse.

L'ensemble des métamodèles proposés dans le cadre de ce projet, exprimés en Ecore, seront présentés dans l'annexe C.

- **Le fichier de transformation *TransformationUML2BPMN.atl* :**

Le but de ce fichier de transformation ATL est de générer le modèle BPMN du processus collaboratif inter-organisationnel à partir d'un modèle sous format XML de processus collaboratif. Ce fichier décrit les règles de transformation ATL que nous avons présenté dans ce chapitre. En effet, il contient un ensemble de règles déclaratives et impératives avec utilisation d'un certain nombre de *helpers*. La figure suivante (**Figure IV.30**) montre un aperçu de fichier *TransformationUML2BPMN.atl*.

```

TransformationUML2BPMN.atl
1 -- @path bpmn=/TransformationUML2BPMN/MetaModel/BPMNprocess1.ecore
2 -- @path XML=/TransformationUML2BPMN/MetaModel/collaboration(1)..ecore
3
4 --Déclaration du Méta-modèle
5 module TransformationUML2BPMN;
6 create OUT : bpmn from IN : XML ;
7
8 helper context XML!Resource def:isInformationType():Boolean=
9     if self.Type=#Information then true else false
10    endif
11 ;
12 rule GenerateSubCollaborativeProcess{
13     from x:XML!SubProcess
14     to y:bpmn!SubCollaborativeProcess(
15
16         id<-x.Id,
17         name<-x.name,
18         subGoal<-x.hasSubGoal,
19         subCoordinator<-x.SPC,
20         subProcessDependancies<-x.SPD,
21         partenerPool<-x.participants
22     )}
23 rule GenerateSubCoordinator{
24     from x:XML!SubProcessCoordinator
25     to y:bpmn!SubCoordinator(
26         id<-x.Id,

```

Figure IV.30 Aperçu de fichier TransformationUML2BPMN.atl

- **Génération de modèle BPMN du processus collaboratif inter-organisationnel :**

L'application de transformations ATL permet de générer le modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel (BPMN.xmi). Ce dernier sera injecté par la suite dans notre éditeur graphique afin de le visualiser. La figure (Figure IV.31) montre un exemple du modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel généré après application de transformation ATL, vu par l'éditeur XML.

```

1 <?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
2 <BPMNprocess1:BPMNcollaborativeProcess xmlns:xmi="http://www.omg.org/XMI" xmlns:xsi="http://www.w3.org/200
3 <commonGoal id="12" description="Construire un bâtiment">
4 <subGoal id="113" name="Construction de la structure extérieure"/>
5 <subGoal id="15" name="Finition"/>
6 </commonGoal>
7 <subCollaborativeProcess subGoal="113" id="34" name="Fondation et élévation des murs">
8 <partenerPool name="Entreprise de Terrassement" id="134" BusinessSector="Construction Batiment" Business="Construction" a
9 <partenerLane id="35" name_Role="Terrassier" description_Role="creuse des tranches,des fondations ou excavations">
10 <detailedProcess id="22" Scenario="Terrassement et excavation">
11 <activity id_Act="1" description_Act="Terrasser le terrain" Type_Act="Production" Start_Date="2016-05-10T00:00:00.
12 <activity id_Act="2" description_Act="Creuser des tranches" Type_Act="Production" Start_Date="2016-05-25T00:00:00.
13 <activity id_Act="3" description_Act="Installer ferriallage" Type_Act="Production" Start_Date="2016-06-09T00:00:00
14 <activity id_Act="4" description_Act="Confirmer la fin de terrassement" Start_Date="2016-06-14T00:00:00.000+0100"
15 <event xsi:type="BPMNprocess1:StartEvent" id_Event="111" EventActivity="1" name="Start Event"/>
16 </detailedProcess>
17 </partenerLane>
18 </partenerPool>
19 <partenerPool name="Entreprise de maçonnerie" id="25" BusinessSector="Construction" Business="Construction" adress="RR"
20 <partenerLane id="45" name_Role="Macon" description_Role="construire Les fondations, Les faonstruire Les fondations,
21 <detailedProcess id="2" Scenario="Fondation et construction des murs">
22 <activity id_Act="5" description_Act="Couler Les fondations" Type_Act="Production" Start_Date="2016-06-15T00:00:00
23 <activity id_Act="6" description_Act="Couler dalle en beton" Type_Act="Production" Start_Date="2016-07-10T00:00:00
24 <resource id_Res="22" Availability="true" type_Res="Hardware" description="Palettes de Parpaings" Capacity="500
25 </activity>

```

Figure IV.31 Exemple XML de modèle BPMN du processus collaboratif inter-organisationnel.

Dans cette section, nous allons donner un aperçu général sur les différentes fonctionnalités de notre application de transformation. La figure suivante (Figure IV.32) montre son interface.

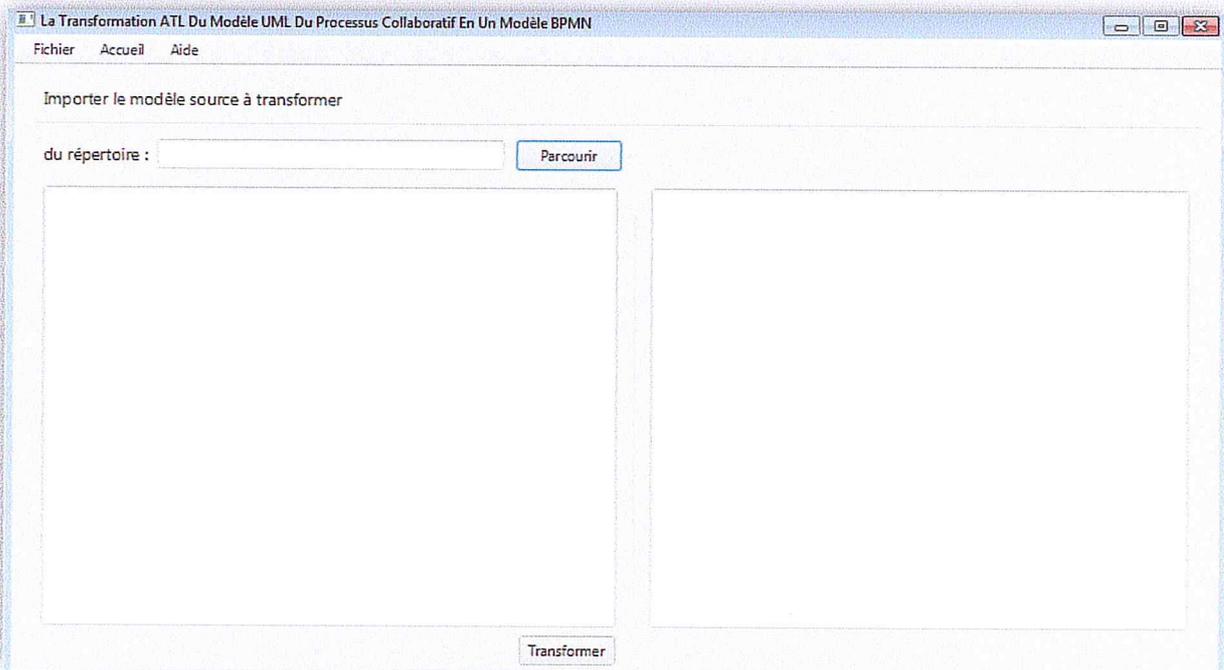


Figure IV.32 Aperçu d'interface de l'application de transformation des modèles.

L'application de transformation des modèles UML du processus collaboratif inter-organisationnels en des modèles BPMN permet au utilisateur d'importer le modèle UML du processus collaboratif inter-organisationnel (fichier *.xmi) à partir de son disque dur en cliquant sur le bouton « *Parcourir* » (Figure IV.33).

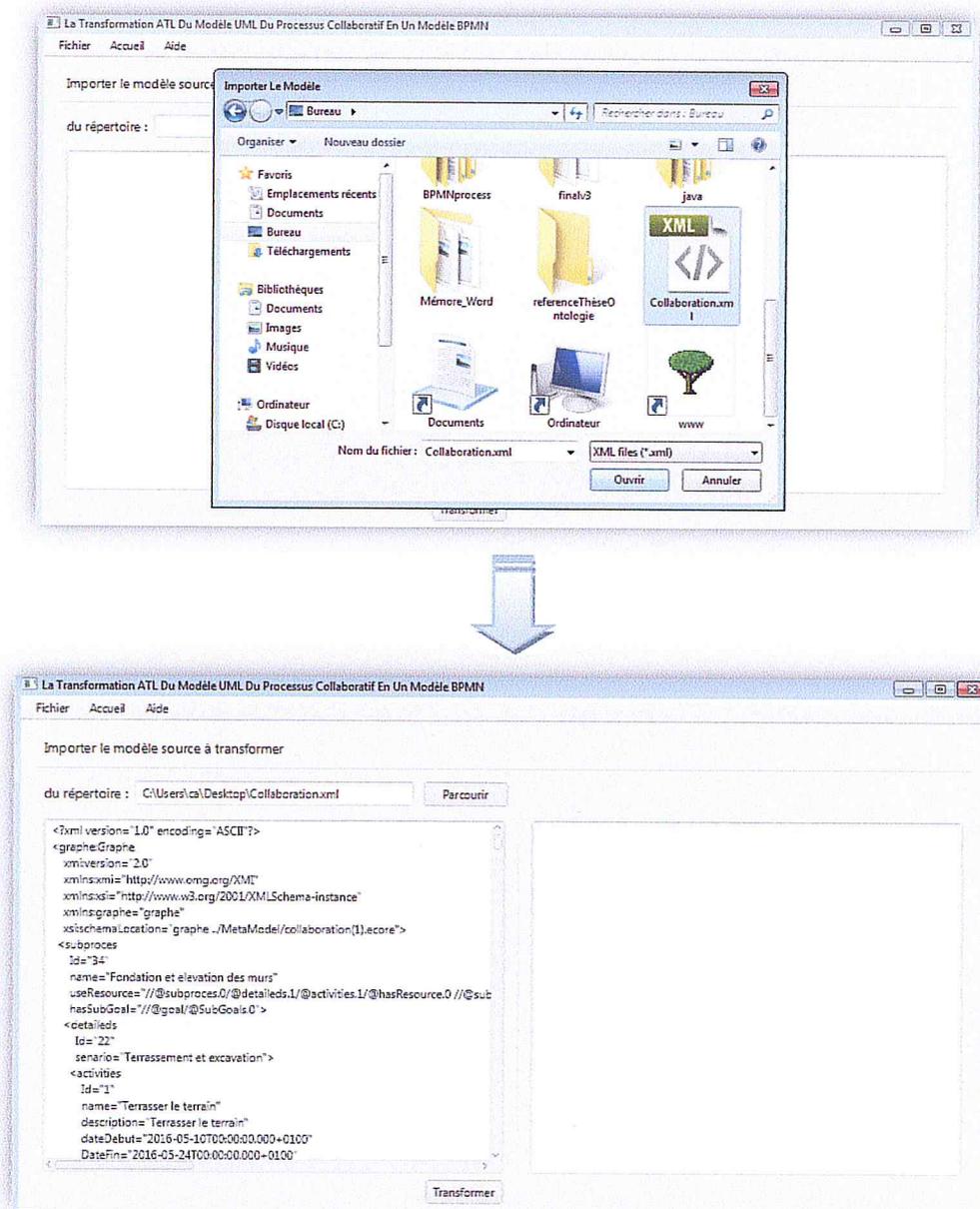


Figure IV.33 Importation du modèle UML du processus collaboratif.

Après avoir cliqué sur le bouton « *Transformer* », l'application de transformations génère le modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel (fichier *.xmi), comme la figure ci-dessous l'indique (figure 34).

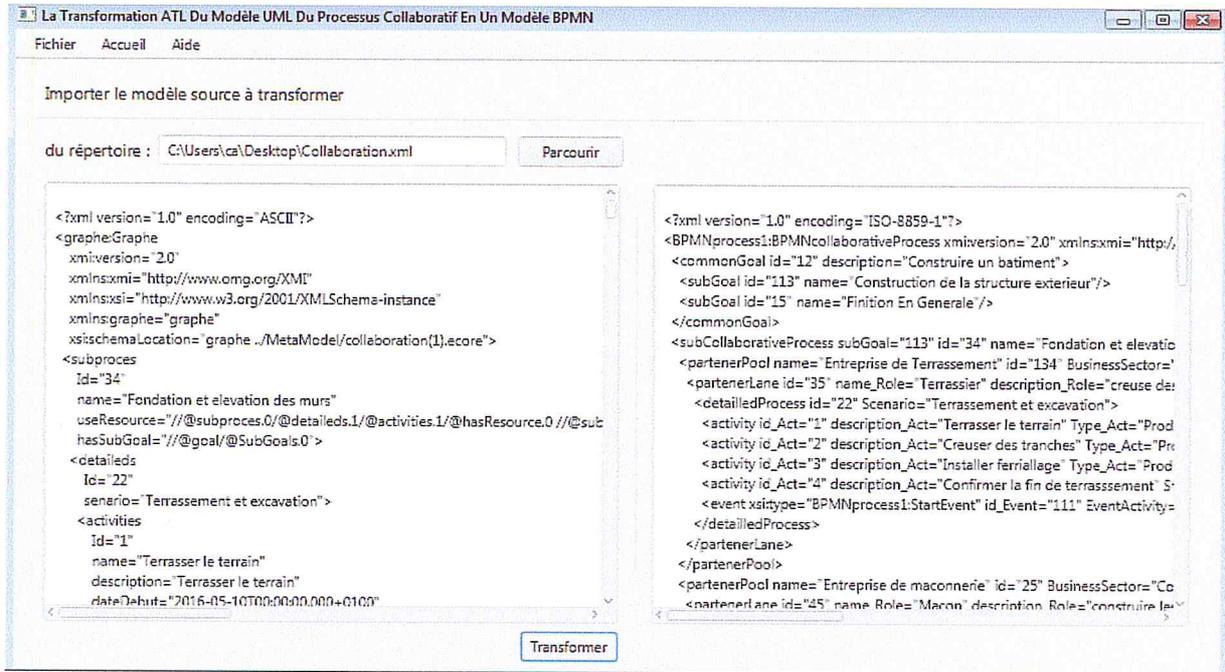


Figure IV.34 Transformation du modèle UML du processus collaboratif.

Une fois que la transformation est terminée, l'utilisateur pourra enregistrer le résultat qui est le modèle BPMN de processus collaboratif (fichier *.xmi) en choisissant son emplacement (Figure IV.35).

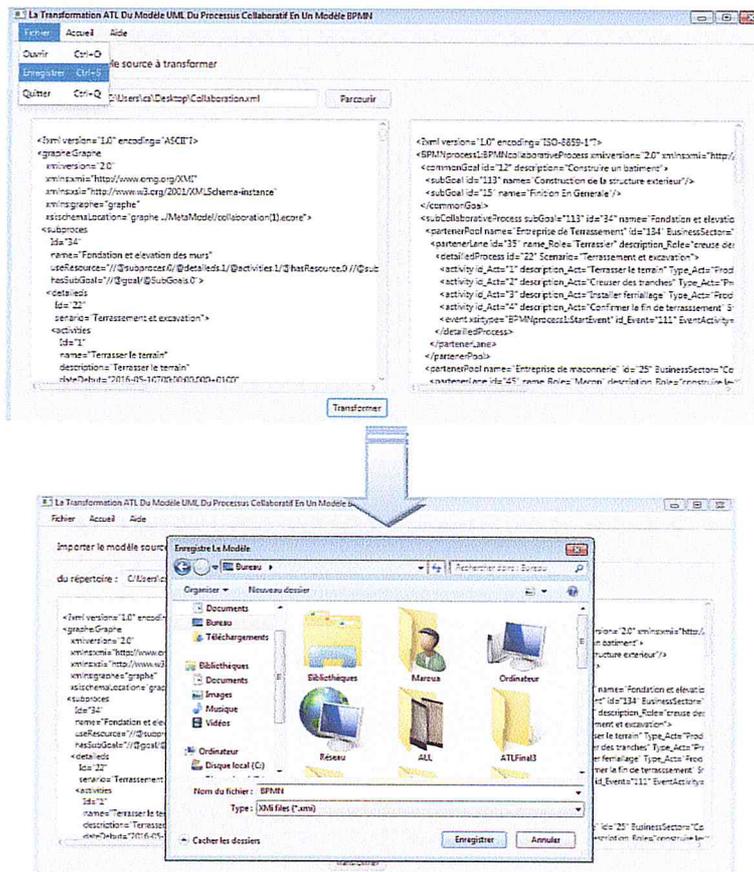


Figure IV.35 Enregistrement du modèle BPMN du processus collaboratif.

5. Présentation de l'éditeur BPMN du processus collaboratif inter-organisationnel

5.1. Objectifs

L'objectif derrière le développement d'un éditeur graphique est la visualisation de processus collaboratif inter-organisationnel dans un espace de conception graphique après l'injection de modèle BPMN de processus collaboratif sous le format d'un fichier XML (Extensible Markup Language).

En plus de notre objectif principal, l'éditeur est un outil permettant aux utilisateurs de créer des modèles riches de processus collaboratifs collectent les différentes connaissances sur la collaboration en utilisant les outils de l'éditeur tel que la palette. Il permet d'obtenir en sortie un fichier XML représentant des modèles BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel.

5.2. Implémentation

L'implémentation de l'éditeur graphique en utilisant le l'outil GMF s'appuie sur des modèles de base. La (Figure IV.36) illustre ces modèles et les différents étapes nécessaires pour la génération de l'éditeur graphiques. Elle représente également les modèles et les relations qui existent entre eux. On obtient à la fin la génération de code de l'éditeur en tant que plugin Eclipse ou application indépendante.

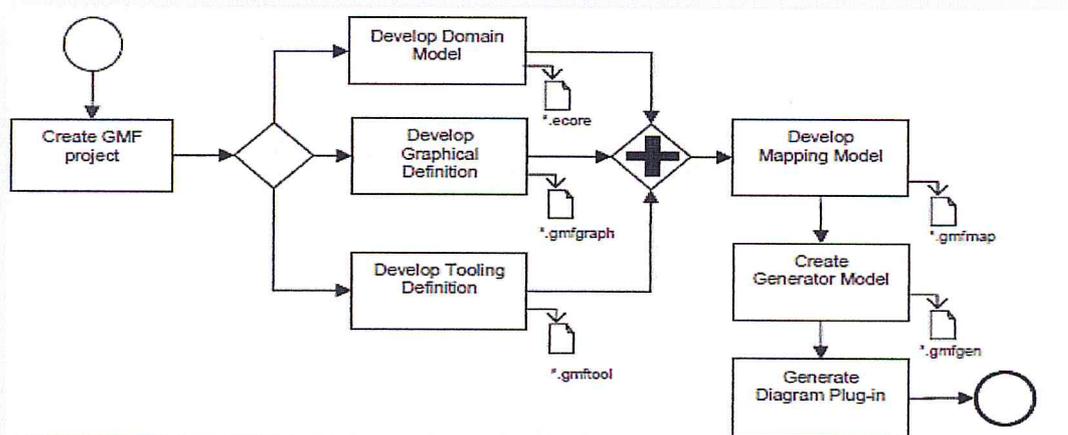


Figure IV.36 Les modèles requis par GMF⁵.

⁵http://wiki.eclipse.org/Graphical_Modeling_Framework/Tutorial/Part_1

- Le modèle de domaine (*.ecore), c'est un méta-modèle décrivant le processus collaboratif inter organisationnel que nous avons défini dans le chapitre précédent. Il définit les concepts, les attributs et les relations entre les concepts.

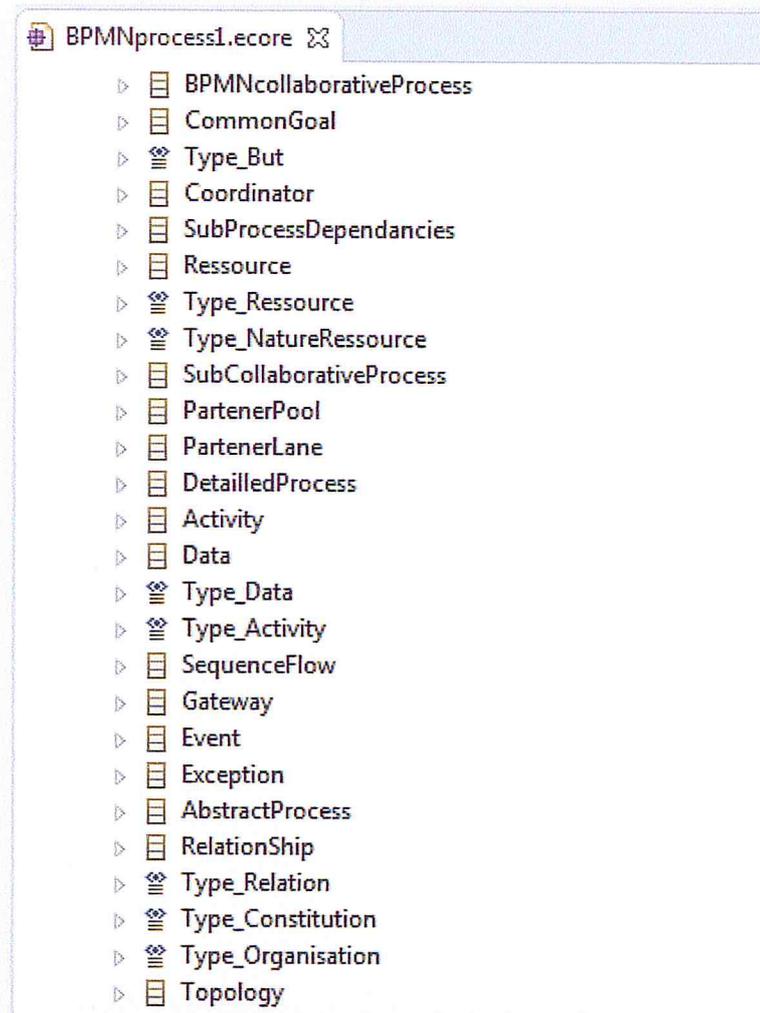


Figure IV.37. Le modèle de domaine de l'éditeur de modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel.

- Le modèle de génération (*.genmodel), contient les informations de génération de code.

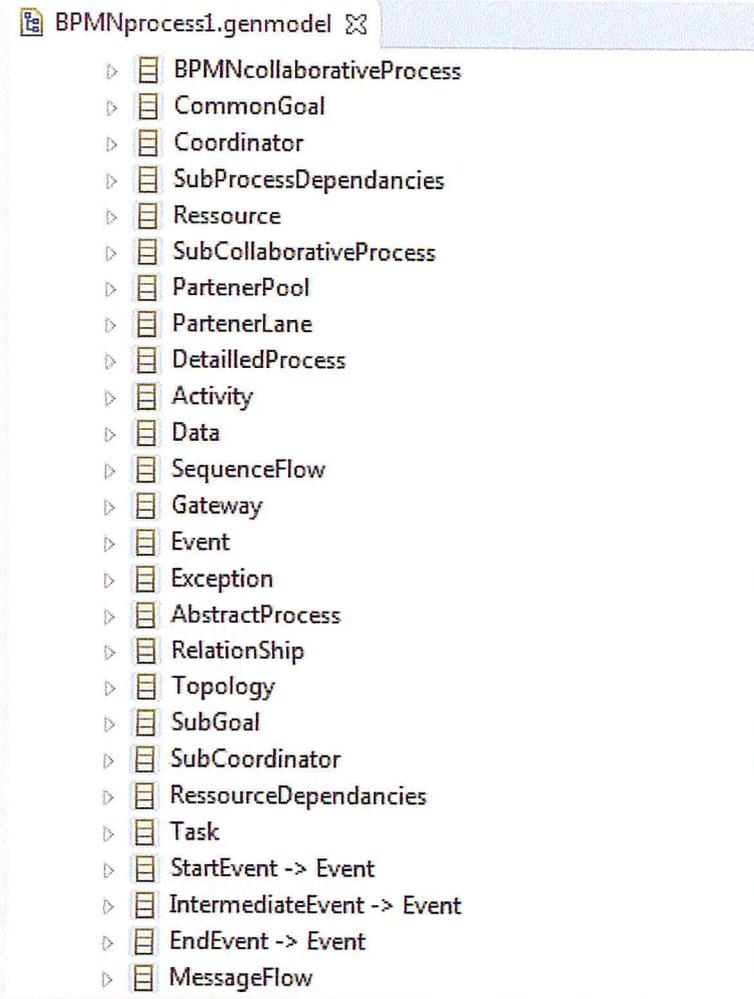


Figure IV.38. Le modèle de génération de l'éditeur de modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel.

- Le modèle graphique (*.gmfgraph), contient des informations relatives aux éléments graphiques qui apparaissent dans un environnement d'exécution et qui sont défini dans le méta-modèle. Ce modèle contient les informations relatives aux éléments graphiques à utiliser dans l'éditeur.

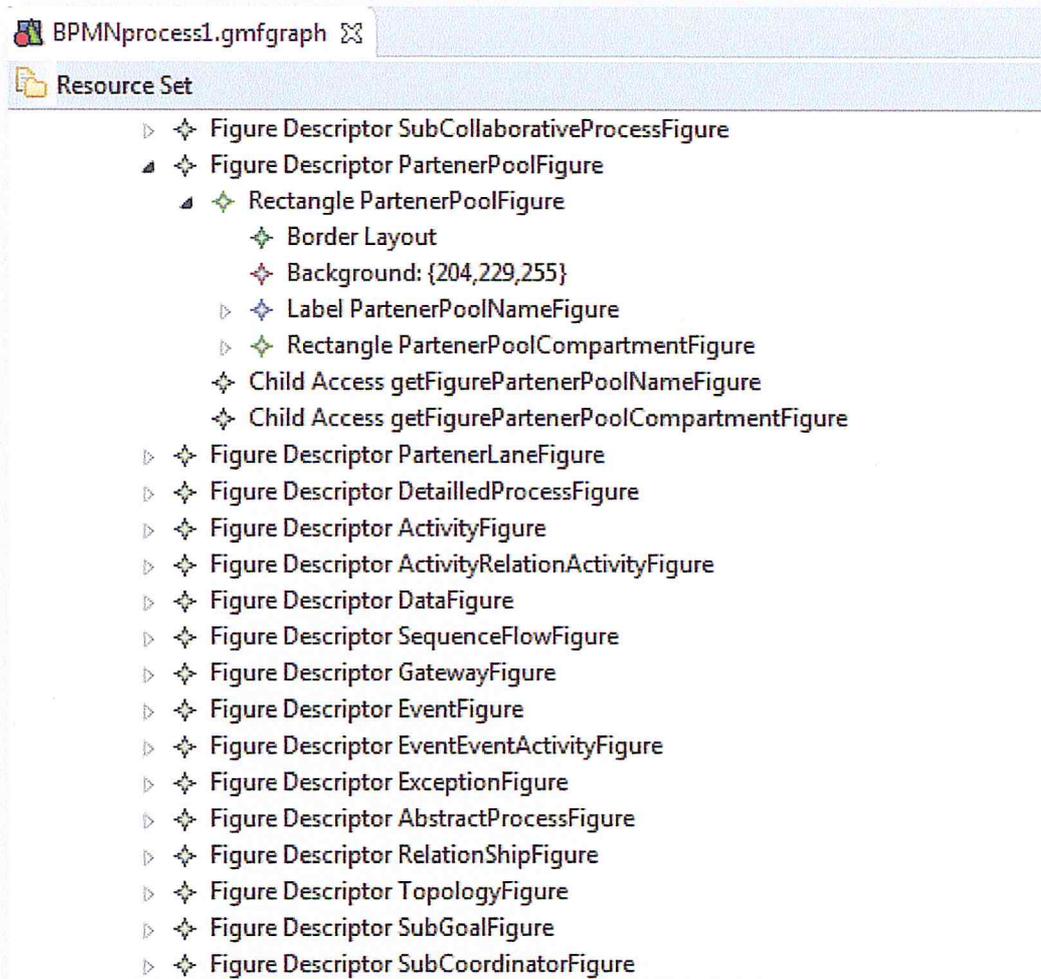


Figure IV.39. Le modèle graphique de l'éditeur de modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel.

- Le modèle d'outils (*.gmftool), définit l'aspect outillage de l'éditeur graphique. Il est utilisé pour concevoir la palette d'outils et d'autres outils périphériques comme les icônes et les menus.

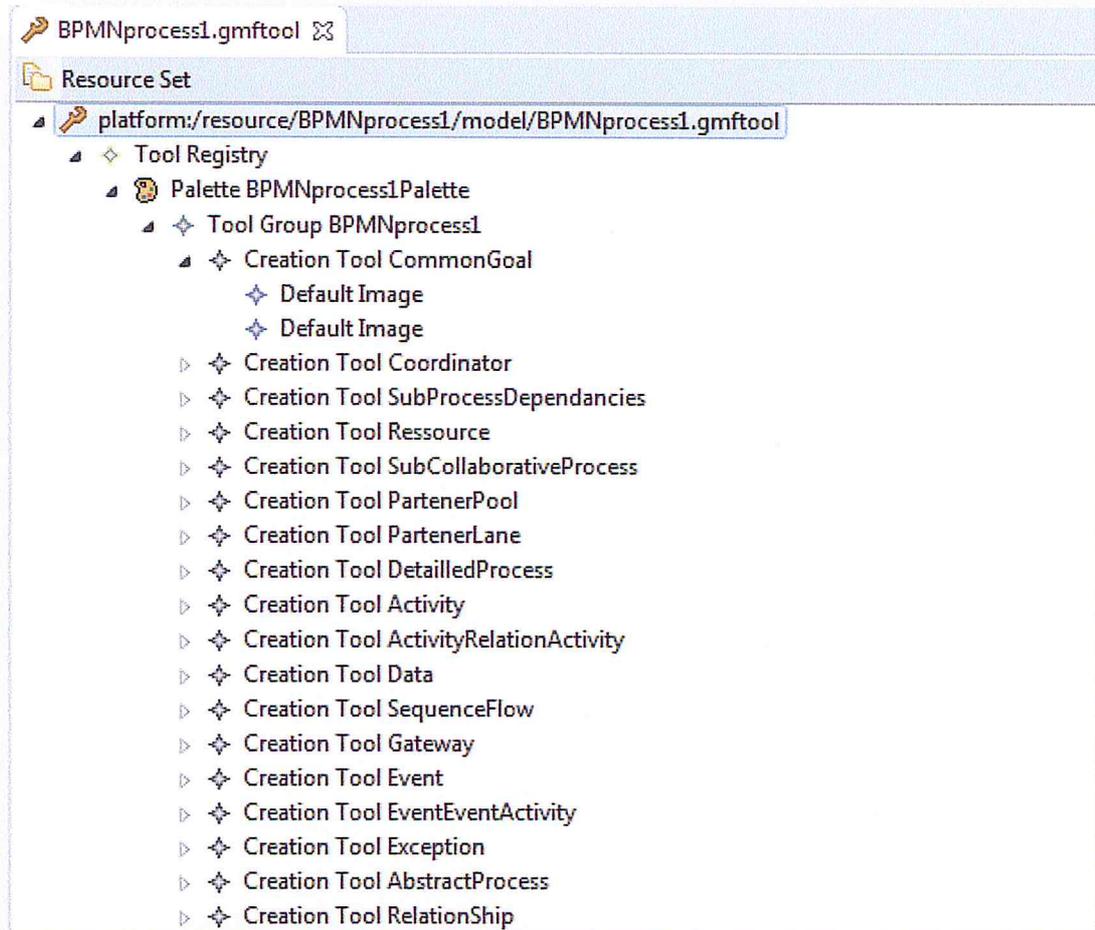


Figure IV.40. Le modèle d'outils de l'éditeur de modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel.

- Le modèle d'association (*.gmfmap), définit les liaisons entre le modèle du domaine, le modèle de graphique et le modèle d'outillage. Il permet de lier un concept du domaine avec sa représentation graphique et les outils qui le gèrent.

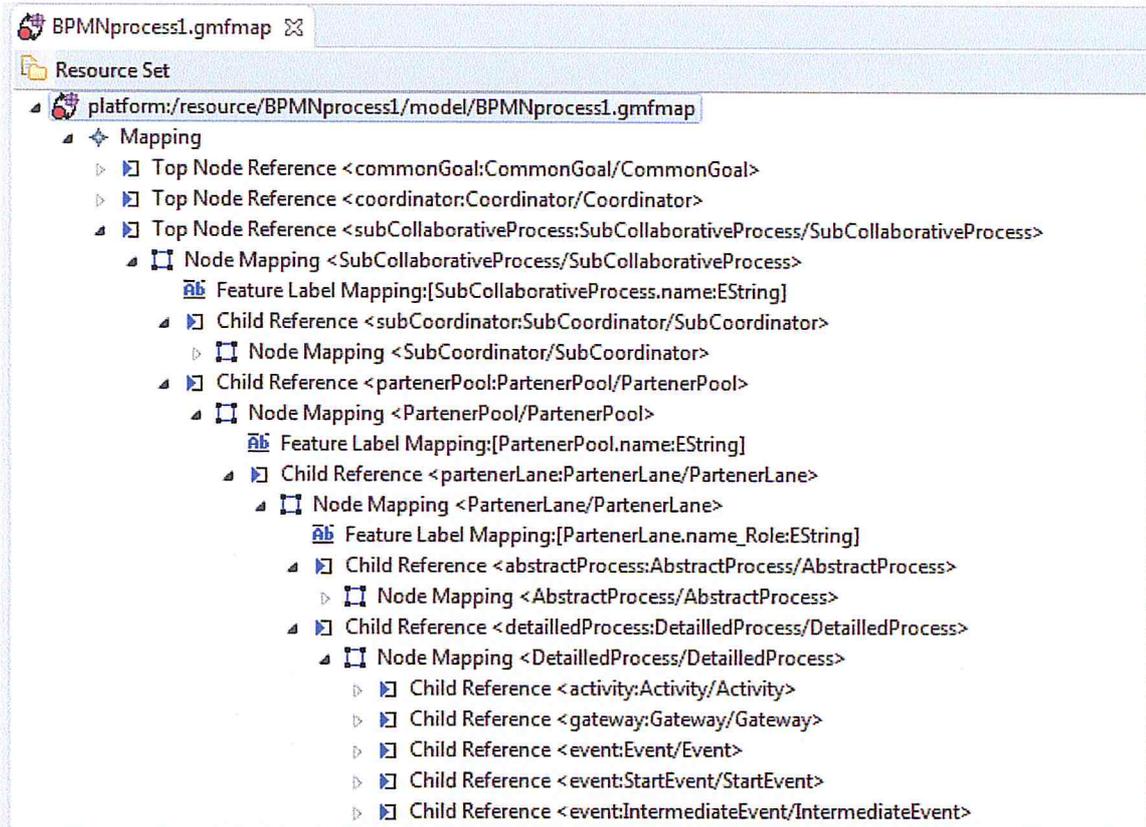


Figure IV.41. Le modèle d'association de l'éditeur de modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel.

- Le modèle de génération du code de l'éditeur (*.gmfgen), il permet de paramétrer les détails d'implémentation qui seront utilisés lors de la génération du code final de l'éditeur. Il est généré à partir du modèle de définition de mapping.

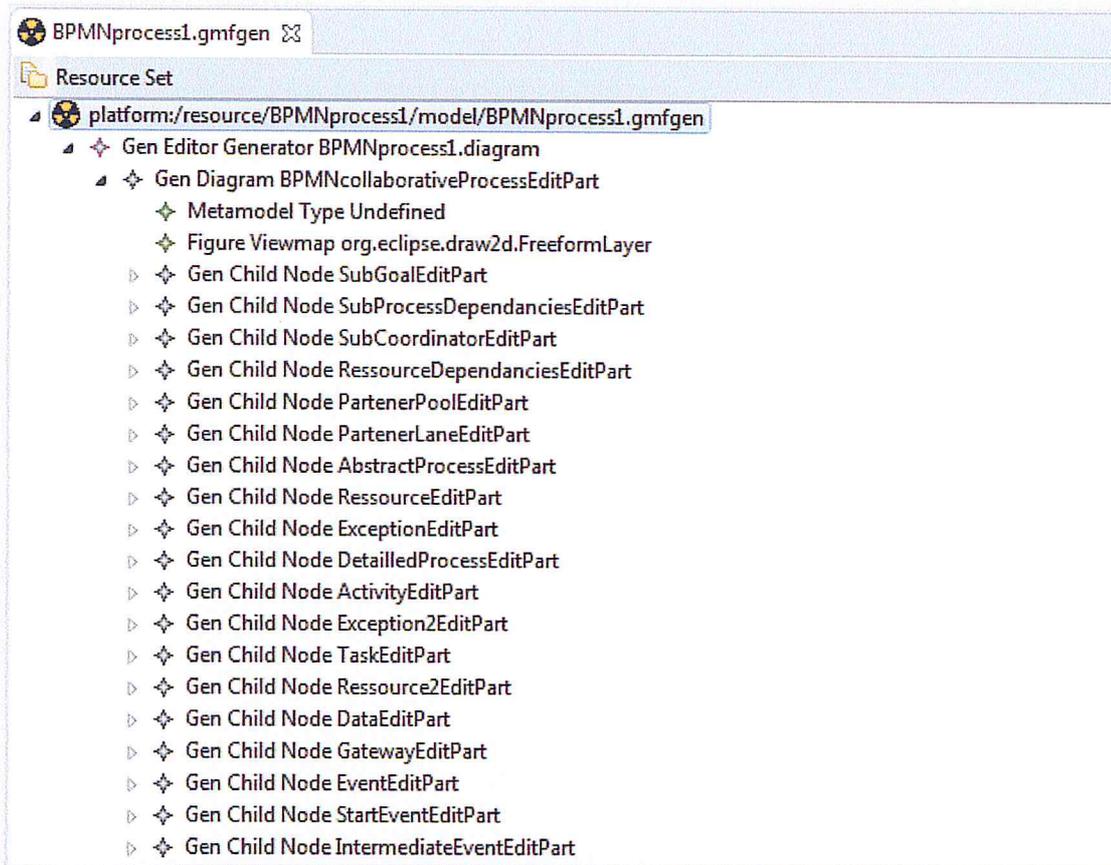


Figure IV.42. Le modèle de génération de l'éditeur de modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel.

- Le plug-in de l'éditeur basé sur le modèle de générateur génère automatiquement un diagramme de modèle d'exécution. A partir de ce dernier on peut lancer une application Eclipse contenant l'éditeur graphique.

5.3. Fonctionnalités

Le diagramme de cas d'utilisation suivant décrit ce que l'éditeur est supposé faire. L'acteur principal est l'utilisateur de l'éditeur, l'objectif est de visualiser les modèles BPMN de processus collaboratifs, de lire les propriétés de chaque concept et de modifier ces modèles.

De plus, l'utilisateur peut créer et modifier les modèles et de se renseigner sur les propriétés de chaque élément.

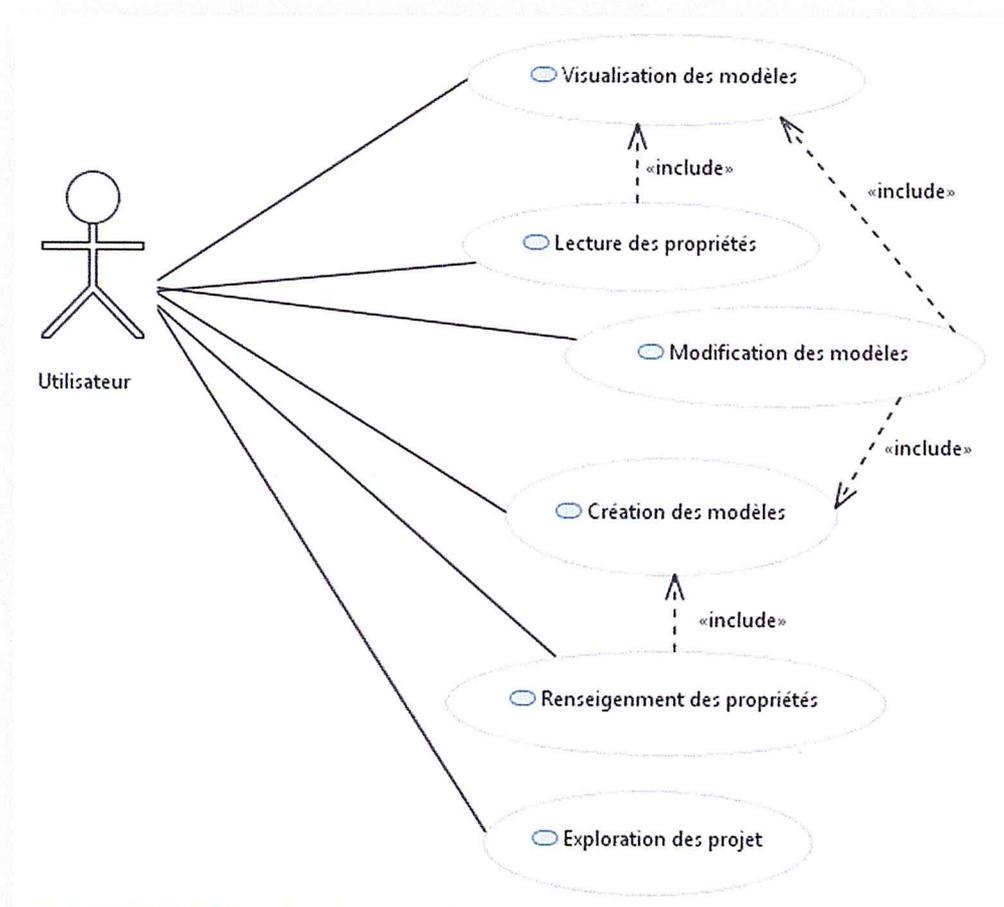


Figure IV.43. Diagramme de cas d'utilisation de l'éditeur des modèles BPMN de processus collaboratifs inter-organisationnels.

Après la définition de tous les modèles du processus GMF, il est possible de réaliser la génération automatique du code Java d'éditeur graphique en tant qu'une application. L'éditeur reprend l'interface générale d'Eclipse, il est composé de quatre vues principales (Figure IV.44) :

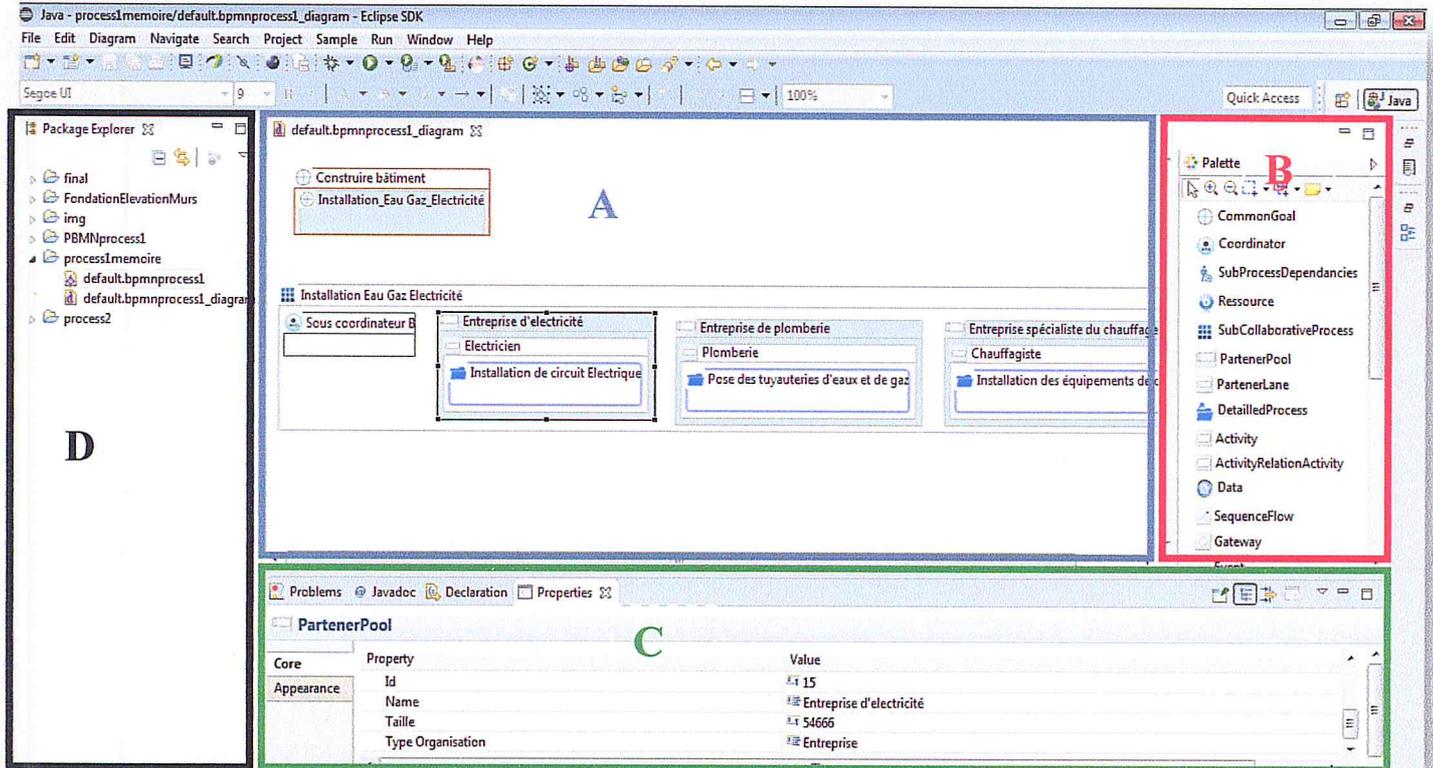


Figure IV.44. Vue d'ensemble de l'éditeur de modèle BPMN de processus collaboratif inter organisationnel.

- A. La vue éditeurs de modèle: un espace vide pour visualiser le modèle BPMN de processus collaboratif ou dessiner en utilisant les outils de la palette. Les graphiques affichés dans cet espace, sont définis dans le modèle graphique et associées au modèle d'outils.
- B. La Palette: un ensemble d'outils permettant aux utilisateurs de créer des éléments et des liens sur l'espace de conception. Nous avons organisé la palette d'une manière à faciliter son utilisation. Elle contient les concepts de base de la collaboration telles que: CommonGoal, SubGoal, Coordinator, SubCoordinator, Topology, RessourceDependancies, SubProcessDependancies, Partener Pool, PartenerLane.

Ainsi que des concepts liés au processus collaboratif telles que: Abstract Process, DetailedProcess, Activity, Task, Ressource, Event, Gateways, Exception, Data. Enfin les différents liens existants comme le SequenceFlow, MessageFlow, Relationship.

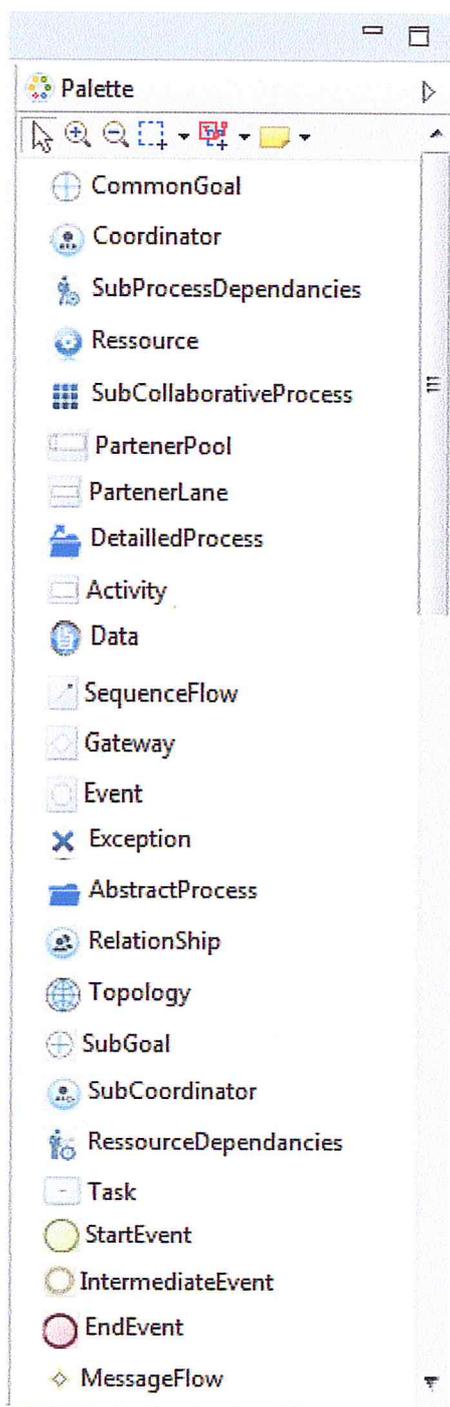


Figure IV.45. La palette d'outils graphiques.

- C. La vue propriétés : un ensemble d'attributs et des propriétés des éléments de modèle telles que l'ID, le nom, la description.
- D. La vue Explorateur de projets : la vue physique du modèle, utilisée pour gérer des projets au niveau du système de fichiers et donne accès aux divers modèles disponibles.

6. Application d'un cas d'utilisation

Dans le but de valider les règles de transformation que nous avons définies dans ce chapitre et de présenter le fonctionnement de notre éditeur graphique, nous allons appliquer dans ce qui suit un exemple de cas de collaboration des entreprises spécialisés dans le domaine de construction des bâtiments résidentiels.

Cette collaboration englobe des entreprises de métier différent : une entreprise de terrassement, une entreprise de maçonnerie, une entreprise de charpentier, une entreprise de plâtrerie, une entreprise de menuisier, une entreprise de peinture et une entreprise de matériaux de construction. Toutes ces entreprises ont collaboré afin d'atteindre un objectif commun qui est la construction des bâtiments.

Le processus collaboratif est composé de deux sous processus collaboratifs : un sous processus de fondation et élévation des murs et un sous processus de finition.

Chaque sous processus collaboratif a un sous objectif et composé d'un ensemble des processus détaillés fournis par ces entreprises. Chaque entreprise participante joue un ou plusieurs rôles selon son métier.

Le coordinateur est le maître d'œuvre qui prend en charge le contrôle la bonne exécution des travaux et la coordination de projet. Tandis que les sous- coordinateurs prennent en charge le suivi et le management des ressources tels que les équipements, le matériel de constructions etc.

Le Tableau IV.2 illustre le processus collaboratif de construction des bâtiments :

Éléments de processus collaboratif	sous processus de fondation et élévation des murs	sous processus de finition
Sous objectif	construction de la structure extérieure de bâtiment	La finition générale
Sous coordinateur	Sous coordinateur A	Sous coordinateur B
Participants	entreprise de terrassement entreprise de maçonnerie entreprise de menuiserie entreprise de plâtrerie	entreprise de carrelage entreprise de peinture
Rôles	Terrassier, maçon, charpentier, plâtrerie	Carreleur Peinture
Activités	Terrasser le terrain Creuser des tranches Installer le ferrailage Couler les fondations Couler la dalle en béton Monter les murs Installer la charpente Poser la couverture de maison Préparer l'enduit de plâtre Enduire le plâtre sur les murs Lisser les murs	Tracer les repères Préparer mortier colle Étaler mortier colle Poser les carreaux Déposer et étaler Mortier à joint Appliquer de la peinture
Ressources	Palettes de parpaings, Brique, Plâtre, Tuiles... etc.	Peinture, Colle carrelage en pate, Mortier à joint ... etc.

Tableau IV.2 Le processus collaboratif de construction d'un bâtiment.

En premier temps, nous allons transformer le modèle UML sous format XML de processus collaboratif *collaboration.xmi* (modèle source) en modèle BPMN (modèle cible) avec les règles de transformation ATL. La figure suivant (Figure IV.46) montre un aperçu du modèle BPMN généré après l'application de la transformation ATL :

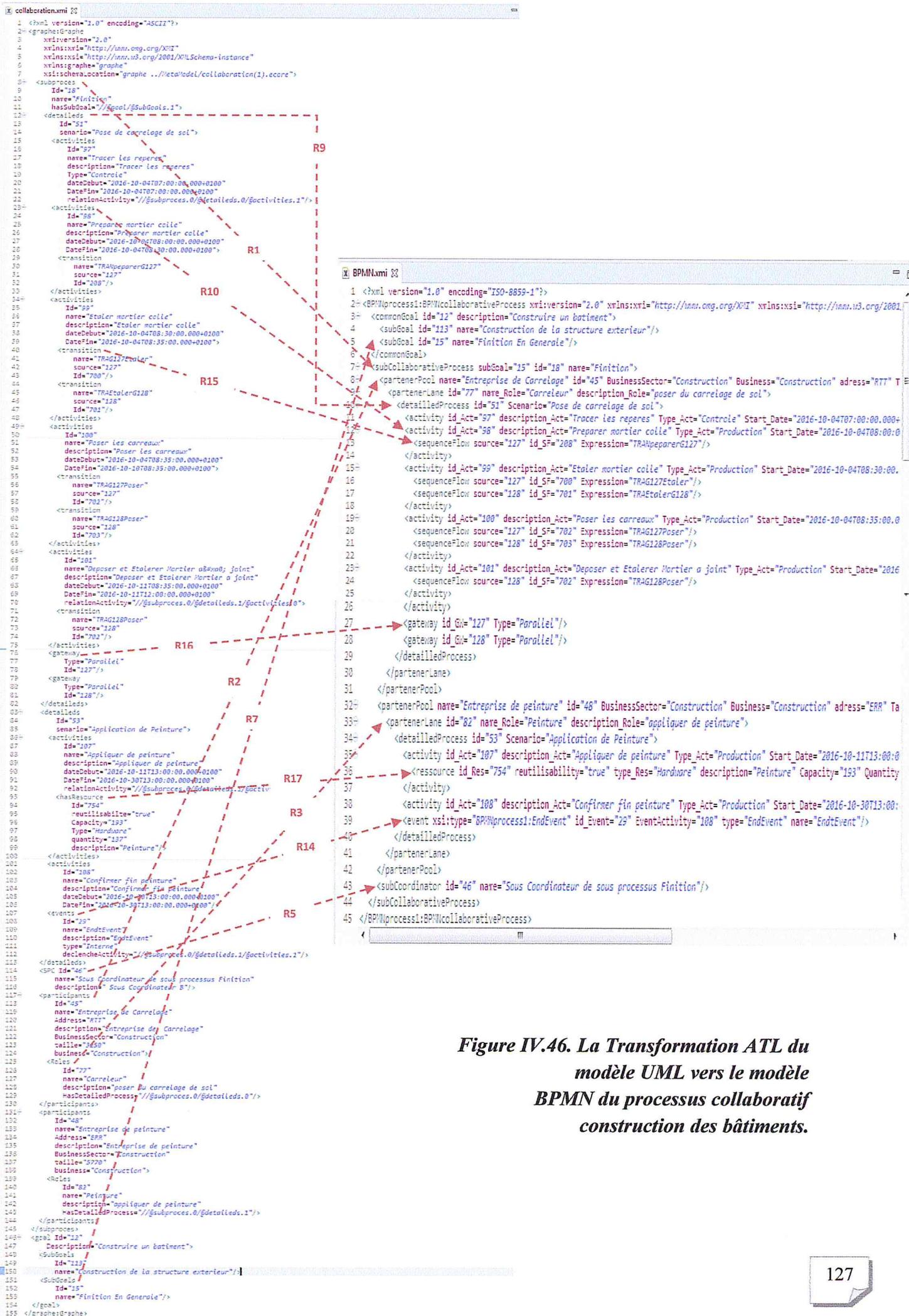


Figure IV.46. La Transformation ATL du modèle UML vers le modèle BPMN du processus collaboratif construction des bâtiments.

Le modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel obtenu après la transformation ATL est injecté par la suite dans l'éditeur graphique. L'injection de ce dernier permet de visualiser le diagramme BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel (fichier *default.bpmnprocess1_diagram*). La figure suivante (Figure IV.47) représente le diagramme BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel du processus Construction Bâtiment.

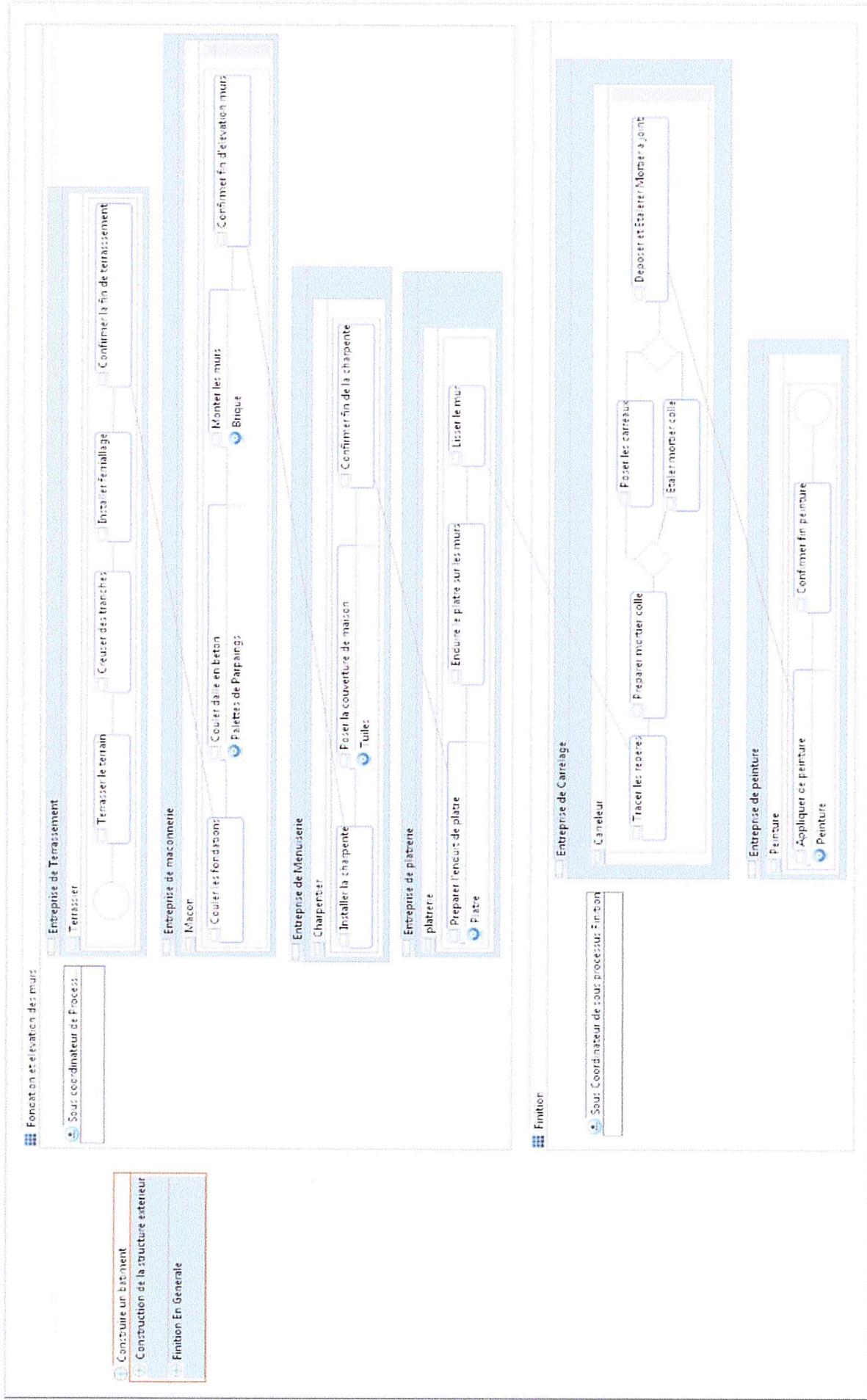


Figure IV.47. Diagramme BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel du processus Construction Bâtiment.

Le modèle BPMN de processus collaboratif inter-organisationnel qui est représenté dans la figure ci-dessus (fichier *default.bpmnprocess1*) est vue par l'éditeur de texte comme suite (Figure IV.48.):

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <BPMNprocess1:BPMNcollaborativeProcess xmi:version="2.0" xmlns:xmi="http://www.omg.org/XMI" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xmlns:BPMN
3 <commonGoal id="12" description="Construire un bâtiment">
4 <subGoal id="113" name="Construction de la structure exterieur"/>
5 <subGoal id="15" name="Finition En Generale"/>
6 </commonGoal>
7 <subCollaborativeProcess subGoal="113" id="34" name="Fondation et elevation des murs">
8 <partnerPool id="134" name="Entreprise de Terrassement" BusinessSector="Construction Batiment" Business="Construction" address="AAAAA" Taille="396">
9 <partnerLane id="35" name Role="Terrassier" description Role="creuse des tranches,des fondations,des excavations">
10 <detailedProcess id="22" Scenario="Terrassement et excavation">
11 <activity id_Act="1" description_Act="Terrasser le terrain" Type_Act="Production" Start_Date="2016-05-10T00:00:00.000+0100" End_Date="2016-05-24T00
12 <activity id_Act="2" description_Act="Creuser des tranches" Type_Act="Production" Start_Date="2016-05-25T00:00:00.000+0100" End_Date="2016-06-08T00
13 <activity id_Act="3" description_Act="Installer ferriallage" Type_Act="Production" Start_Date="2016-06-09T00:00:00.000+0100" End_Date="2016-06-13T00
14 <activity id_Act="4" description_Act="Confirmer la fin de terrassement" Start_Date="2016-06-14T00:00:00.000+0100" End_Date="2016-06-14T00:00:00.00
15 <event xsi:type="BPMNprocess1:StartEvent" id_Event="111" EventActivity="1" name="Start Event"/>
16 </detailedProcess>
17 </partnerLane>
18 </partnerPool>
19 <partnerPool id="25" name="Entreprise de maconnerie" BusinessSector="Construction" Business="Construction" address="RR" Taille="345">
20 <partnerLane id="45" name Role="Macon" description Role="construire les fondations, les faconstruire les fondations, les facades et les cloisonsades e
21 <detailedProcess id="2" Scenario="Fondation et construction des murs">
22 <activity id_Act="5" description_Act="Couler les fondations" Type_Act="Production" Start_Date="2016-06-15T00:00:00.000+0100" End_Date="2016-07-09T00
23 <activity id_Act="6" description_Act="Couler dalle en beton" Type_Act="Production" Start_Date="2016-07-10T00:00:00.000+0100" End_Date="2016-07-20T00
24 <ressource id_Res="22" Availability="true" type_Res="Hardware" description="Palettes de Parpaings" Capacity="5000" Quantity="5000"/>
25 </activity>
26 <activity id_Act="7" description_Act="Monter les murs" Type_Act="Production" Start_Date="2016-07-21T00:00:00.000+0100" End_Date="2016-08-21T00:00:00
27 <ressource id_Res="23" Availability="true" type_Res="Hardware" description="Brique" Capacity="100000" Quantity="100000"/>
28 </activity>
29 <activity id_Act="8" description_Act="Confirmer fin d'elevation murs" Start_Date="2016-08-22T00:00:00.000+0100" End_Date="2016-08-22T00:00:00.000+0
30 </detailedProcess>
31 </partnerLane>
32 </partnerPool>
33 <partnerPool id="34" name="Entreprise de Menuiserie" BusinessSector="Menuiserie" Business="Menuiserie" address="REEE" Taille="555000">
34 <partnerLane id="15" name Role="Charpentier" description Role="concoit et realise les ossatures">
35 <detailedProcess id="3" Scenario="Pose la charpente">
36 <activity id_Act="9" description_Act="Installer la charpente" Type_Act="Production" Start_Date="2016-08-22T00:00:00.000+0100" End_Date="2016-08-31T00
37 <activity id_Act="10" description_Act="Poser la couverture de maison" Type_Act="Production" Start_Date="2016-09-01T00:00:00.000+0100" End_Date="2016-09-01T00:00:00.000+0100"
38 <ressource id_Res="24" Availability="true" type_Res="Hardware" description="Tuiles" Capacity="10000" Quantity="10000"/>

```

Figure IV.48. Le fichier XML vu par l'éditeur de texte obtenu du processus collaboratif de construction des bâtiments.

Ce fichier sera par la suite vérifié par l'outil de vérifications du comportement du processus collaboratif dans la prochaine étape du projet CIO-Wf (Collaboration Inter-organisationnelle centrée Workflow) afin d'assurer une bonne exécution de ce dernier dans la plateforme d'exécution de la collaboration.

7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une implémentation et une expérimentation de notre approche qui permettent de mettre en application nos résultats présentés dans le chapitre précédent sur la transformation ATL et l'implémentation de notre éditeur graphique. Ainsi que l'environnement et les différents outils utilisés.

Conclusion générale

De nos jours, l'évolution du marché implique l'ouverture des entreprises vers leurs partenaires. La capacité des organisations pour collaborer les unes avec les autres devient une condition sine qua non pour leur évolution et pour assurer leur capacité à survivre. Les organisations doivent se développer et s'adapter avec leur nouvel environnement et d'interagir efficacement avec le nouvel écosystème industriel dans lequel elles existent. Généralement les partenaires collaborent via des interactions et des échanges entre leurs différents processus métiers.

Plusieurs travaux de recherche se sont intéressés à la modélisation de la collaboration et du processus collaboratif inter- organisationnel. Cependant la collaboration est un système très complexe qui évolue constamment. De ce fait, elle reste toujours un sujet de pointe en raison de la dispersion de l'information. Le travail présenté dans ce mémoire s'intéresse à la problématique de la modélisation des processus collaboratifs inter-organisationnels selon le formalisme BPMN. Notre travail s'est déroulé en plusieurs parties partagées sur quatre chapitres.

Une première nécessité été de faire une étude d'état de l'art approfondie sur l'organisation, la collaboration, les processus métiers et les processus collaboratifs inter-organisationnels. Cette étude nous a permis d'extraire un nombre important de caractéristiques et de concepts sur la collaboration et le processus collaboratif ainsi que l'étude comparative que nous avons fait sur les différents modèles de processus collaboratifs existant dans la littérature, nous permettrons par la suite la conception de notre métamodèle.

Notre travail est basé sur l'approche MDA qui permet la transformation des modèles en se basant sur des règles de transformation. Cette approche fournit une démarche qui garantit un haut niveau de flexibilité, une habilité d'abstraction et de réutilisation qui répondent aux exigences de la collaboration. Nous avons abordé les notions de l'approche et montré son intérêt par rapport à notre travail.

Notre but est de concevoir un méta-modèle BPMN décrivant les concepts relatifs au domaine de la collaboration et ceux liés au processus collaboratif. Nous avons conçu un méta-modèle le plus générique possible avec prise en compte d'un nombre maximal de concepts trouvés dans la littérature et respectant la modélisation BPMN.

A la base de ce méta-modèle nous avons développé un éditeur BPMN du processus collaboratif inter-organisationnel permettant la visualisation des modèles de processus collaboratifs.

Dans le cadre du projet CIO-Wf (Collaboration Inter-organisationnelle basée Workflow) du CDTA, et afin d'alimenter notre éditeur avec des modèles de collaboration nous avons transformé en premier lieu des modèles UML de processus collaboratifs inter-organisationnels en des modèles BPMN. Pour réaliser cette transformation, nous avons défini des règles de transformation en utilisant le langage ATL.

Dans le but de réaliser la transformation des modèles UML en BPMN d'une manière automatique, nous avons développé une application de transformation des modèles. Cette dernière permet d'importer le modèle UML de processus collaboratif et d'exporter le modèle BPMN.

Ce travail pourrait être amélioré, en effet on peut enrichir le méta-modèle et ajouter d'autres notions à cause la richesse du domaine de la collaboration et l'apparition d'autres concepts. Il est aussi possible de vérifier le comportement de modèle BPMN de processus collaboratif obtenu dans notre travail (absence d'inter blocage,..) via des techniques de vérification de modèles de processus afin d'éviter des erreurs lors de son exécution dans la plateforme de collaboration.

Bibliographie

- (Alfred Aho et al., 2008) Alfred Aho, Ravi Sethi, Monica Lam et Jeffrey Ullman, *Compilateurs: principes, techniques et outils*. Hermes Science publications– Lavoisier, (2008).
- (Bouchbout, et al., 2010) Bouchbout.k, Akoka. J et Alimazighi.Z, *Proposition of a Generic Metamodel for Interorganizational Business Processes*, Université USTHB Algérie, (2010).
- (Aubert et al., 2002) Aubert.B., Dussart. A, *Systèmes d'Information Inter-Organisationnels*, Rapport Bourgogne, CIRANO, (2002).
- (Bacha, 2013) Bacha, Firas, *Une approche MDA pour l'intégration de la personnalisation du contenu dans la conception et la génération des applications interactives*, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambresis, (2013).
- (Barrau, 2008) Barrau, Yolande (2008), *MODELE de GRILLE DE CARACTERISATION*. Site EconomieGestionAcadémiedeLyon.http://www2.aclyon.fr/enseigne/ecogestion/legt/IMG/pdf/GRILLE_DE_CARACTRISATION.pdf, (1 /12 /2015).
- (Bauche, 2010) Bauche. S, "*la modélisation des processus métiers*", Mémoire Master M2 MIAGE Université Paris Ouest Nanterre La défense. 2010.
- (Bézivin et Gerbé, 2001) Bézivin.J. et Gerbé.O, *Towards a precise definition of the omg/mdaframework*. In *ASE*, pages 273–280. IEEE Computer Society,(2001).
- (Bézivin et al., 2003) Bézivin. J et Gérard .S, *A Preliminary Identification of MDA Components*, (2003).
- (Bézivin, 2005) Bézivin. J, *On the unification power of models*. *Software and System Modeling*,(2005).
- (Benguria et al., 2006) Benguria.G, Larrucea.X, Elvaseater.B, Neple.T, Beardsmore.A, Friess.M, *A Platform Independent Model for Service Oriented Architectures*. 2^{ème} conférence sur l'interopérabilité,(2006).
- (Benoît, 2008) Benoît,Combemale, *Ingénierie Dirigée par les Modèles (IDM): État de l'art*. Institut de Recherche en Informatique de Toulouse, (2008).

- (Bozeman, et al.2014)** Bozeman,Barry, Craig.,Boardman, *Research Collaboration and Team Science: A State-of-the-art Review and Agenda*, Springer, (2014).
- (Bouzguenda, 2006)** Bouzguenda, Lotfi, *Coordination Multi-Agents pour le Workflow Inter-Organisationnel Lâche*. Toulouse : thèse de doctorat, IRIT, (2006).
- (Bruner, 1992)** Bruner, Charles. s.l. : Education and Human Services Consortium, (1992).
- (Bocher, 2010)** L.Bocher, 2010. Business Process Modeling Notation (BPMN) - Système de notation graphique pour la description des precessus métier, <http://www.allaboutbpm.com/bonnespratiques-bpm/bpmn-business-process-modeling-notation-definition> (05/01/2016).
- (Bussler, 2001)** Bussler, Christoph, *The Role of B2B Protocols in Inter-Enterprise Process Execution*, F. Casati, D. Georgakopoulos, M.-C. Shan (Eds.): TES 2001, LNCS 2193, pp. 16-29, (2001).
- (Camarinha-Matos et al. , 2006)** Camarinha-Matos, Luis M. et Hamideh, Afsarmanesh, *COLLABORATIVE NETWORKS Value creation in a knowledge society, In Proceedings of PROLAMAT'06(Springer)*.Shanghai, China : IFIP, (2006).
- (Charreaux G. & Pitol-Belin J.-P. ,1992)** Charreaux G. & Pitol-Belin J.-P, Les théories des organisations, in J.-P. Helfer & J. Orsoni (eds), *Encyclopédie du Management*, Vuibert, (1992).
- (Esper, 2010)** Esper A., *Intégration des approches SOA et orientée objet pour modéliser une orchestration cohérente de services*, Institut National des Sciences Appliqués de Lyon, (2010).
- (Grefen, 2006)** Grefen, Paul, *Towards Dynamic Interorganizational Business Process Management*, Proceeding of the 15th IEEE International Workshops On Enabling Technologies Infrastructure For Collaborative Enterprises. (WETICE'06) IEEE, (2006).
- (ICC, 1999)** ICC, *Intelligence Community Collaboration*, (1999).
- (ISO 9001 ,2000)** ISO 9001, *Systèmes de management de la qualité-Exigences. Norme européenne NF EN ISO 9001 version 2000 .s1* : AFNOR, (2000).
- (Jacobs, 2002)** Jacobs. J, *Gartner's Collaboration Glossary*, Gartner Report, (2002).

- (Jardim-Goncalves et al., 2006)** Jardim-Goncalves. R, Grilo. A, SteigerGarcao.A, Challenging the interoperability between computers in industry with MDA and SOA. Computers in Industry,(2006).
- (Kak, 2002)** Kak.R, Schoonmaker.M, RosettaNet E-Business Standards Provide Better,ASCET, (2002).
- (Katzy et al., 2000)** Katzy, B., Zhang, C. et Löh, H, *Reference Models for Virtual Organizations. Working Paper No 2704, Working Paper Series.* CeTIM, (2000).
- (Kherbouche, 2013)** Kherbouche. MO, Contributions à la gestion de l'évolution des processus métier,Other. Université du Littoral Cote d'Opale, French, (2013).
- (Kleppe et al., 2003)** Kleppe.A, Warmer.J. et Bast.W, *MDA Explained : The Model Driven Architecture : Practice and Promise.* Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.,Boston, MA, USA, (2003).
- (Lambert, et al., 1999)** Lambert.DM, Emmelhainz.MA et Gardner.JT, Building successfullogistics partnerships, Journal of Business Logistics, (1999).
- (Linden, 2002)** Linden, Russell Matthew, Working Across Boundaries: Making Collaboration Work in Government and Non profit Organizations, Jossey-Bass, (2002).
- (Mallek, 2011)** Mallek, Sihem, Contribution au développement de l'interopérabilité en entreprise : vers une approche anticipative de détection de problèmes d'interopérabilité dans des processus collaboratifs, Ecole des Mines d'Alès, (2011).
- (Medjahed et al., 2003)** Medjahed. B, Benatallah. B, Bouguettaya. A, A.H.H Ngu, A.K. Elmagarmid, Business-to-business interactions : issues and enabling technologies ,The VDLP Journal,(2003).
- (Menard, 1995)** C. Menard, L'économie des organisations, Paris : La Découverte, Collection Repères, (1995).
- (Minsky, 1969)** Minsky.L, Semantic Information Processing. The MIT Press, (1969).
- (Morley et al. , 2005)** Morley.C., et al. , Processus métiers et S.I : évaluation, modélisation, mise en œuvre, DUNOD, (2005).
- (Morley et al. , 2007)** Morley.C., et al. , Processus métiers et S.I : évaluation, modélisation, mise en œuvre, DUNOD, (2007).
- (Morley et al., 2011)** Morley, C., et al. , Processus métiers et S.I : gouvernance, management, modélisation, DUNOD, Edition ISBN 987-2-10-0561780, (2011).

- (Mu, 2015)** Mu, Wenxin, Caractérisation et logique d'une situation collaborative, Institut National Polytechnique de Toulouse, (2015).
- (OMG, 2003)** OMG, *MDA guide version 1.0.1*, document number : omg/2003-06-01 edition. Object Management Group, (2003=).
- (OMG, 2006)**. *Meta Object Facility (MOF), CoreSpecification Version 2.0*, (2006).
- (Parashar&Browne, 2005)** PARASHAR. M. AND J. C. BROWNE, Conceptual and implementation models for the grid. Proceedings of the IEEE, 2005, 93(3), 653-668.
- (Partners, 2009)** Partners. T. G., Model Driven Collaborative Development of Complex Systems – Proposal, (2009).
- (Plantec, 2013)** Plantec, Alain, *Terminologie documentée de l'Ingénierie Dirigée par le Modèles*. Université de Bretagne Occidentale, (2013).
- (Pollard, 2002)** Pollard. S, *Collaboration – The Cure-All in New Economy Competitiveness?*, AMR Research Report, (2002).
- (Rajsiri, 2009)** Rajsiri, Vatcharaphun, *Knowledge-based system for collaborative process specification*, Université de Toulouse,(2009).
- (Raphaël, 2003)** Raphaël, MARVIE, Vers des patrons de méta-modélisation : Université des Sciences et Techniques de Lille, (2003).
- (Romuald, 2010)** ROMUALD.M, Master en Administration des Entreprises Gestion des organisations. Université Senghor, (2010).
- (Robert, 1995)** Robert, Notions et concepts de travail collaboratif, le petit Robert, (1995).
- (Roschelle et Teasley, 1994)** Roschelle.J. et Teasley. S, The construction of shared knowledge in collaborative problem solving, NATO ASI Series F Computer and Systems Sciences, Vol. 128,pp. 69–69, (1994).
- (Semar-Bitah et Boukhalfa, 2014)** K.Semar-Bitah, K.Boukhalfa «Proposed methodology for modeling an inter-organizational collaborative processes », ESWC-SS'14, Kalamaki, Crete (Grèce), (1-6 September 2014),
- (Semar-Bitah et Abbassene, 2014)** K.Semar-Bitah, A.Abbassene « Vers une architecture de modélisation des processus collaboratifs inter-organisationnels », SYSCO'14, Hamammet, Tunisie, (27-29 Septembre 2014).

- (Semar-Bitah et Boukhalfa, 2016)** K. Semar, K. Boukhalfa, "Towards an inter-organizational collaboration network characterization, MISC'2016, Université Constantine2, (7-8 Mai 2016).
- (SAIB, et al., 2013)** SAIB,SARA, BENMOUSSA,RACHID et BENGOUDE,KENZA, MODELING OF MEDIATION SYSTEM FOR ENTERPRISE SYSTEMS COLLABORATION THROUGH MDA AND SOA APPROACHES,(2013).
- (Scheer, 1994)** Scheer. A.W, *ARIS Toolset: A software product is born*, Information Systems Journal, (1994).
- (Simatupang, et al., 2002)** Simatupang.T. M. et Sridharan.R, The Collaborative Supply Chain, International Journal of Logistics Management, (2002).
- (SINI_Ghenima, 2013)** SINI_Ghenima, Méthodes et outils pour la gestion des workflow-Modélisation ontologique des processus pour l'analyse, (2013).
- (Snow, 1999)** Snow.D, What Are We Talking About?, Chronicle of Community, (1999).
- (Sodki, 2008)** Sodki, CHAARI, Interconnexion des processus Interentreprises: une approche orientée services, thèse INSA Lyon, (2008).
- (Sylvestre, 2016)** Sylvestre, Philippe (2016). Qu'est-ce qu'une organisation ?, http://www.assistancescolaire.com/eleve/1STMG/management-des-organisations/reviser-le-cours/qu-est-ce-qu-une-organisation-1stmg_man_01.
- (Théroutte, 2002)** Théroutte. F, *Formalisme et système pour la représentation et la mise en œuvre des processus de pilotage des relations entre donneurs d'ordre et fournisseurs*, thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Grenoble, (2002).
- (Thomson, 2001)** Thomson.Ann Marie, *Collaboration: Meaning and Measurement Ph.D.dissertation*, Indiana University – Bloomington, (2001).
- (Truptil, 2011)** Truptil.S , Etude de l'approche de l'interopérabilité par médiation dans le cadre d'une dynamique de collaboration appliquée à la gestion en crise, Centre de Génie Industriel, Université de Toulouse, (2011).
- (Touzi, 2007)** Touzi,Jihed, *Aide à la conception de Système d'Information Collaboratif support de l'interopérabilité des entreprises*. Centre de Génie Industriel - Ecole des Mines d'Albi Carmaux, (2007).

(Vernadat, 1996) Vernadat.F, *Enterprise modelling and integration, Principles and applications*, Chapman & Hall, (1996).

(Vernadat, 1999) Vernadat.F, *Techniques de modélisation en entreprise: Application aux processus Opérationnels*, Economica, (1999).

(Weiss, 2005) Weiss.S, *The power of collective intelligence*, Networker, (2005).

(wfm, 1998) Workflow Management Coalition Work Group 1, *Workflow management coalition: process definition interchange version 1.0*. <http://www.wfmc.org>. (1998).

Annexe A: Business Process Modeling Notation (BPMN)

Le Business Process Modeling Notation¹ (BPMN) est une notation graphique standardisée portant sur la modélisation des processus métiers. Elle a été développée au départ par la Business Process Management Initiative (BPMI), et est maintenant maintenue par l'Object Management Group (OMG) depuis leur fusion en 2005 (Bauche, 2010).

1. Les principaux éléments graphiques de BPMN

Les différents éléments sont organisés en quatre catégories :

1. Objets de flux
2. Objets de connexion
3. Swimlanes (Couloirs de nage)
4. Artefacts

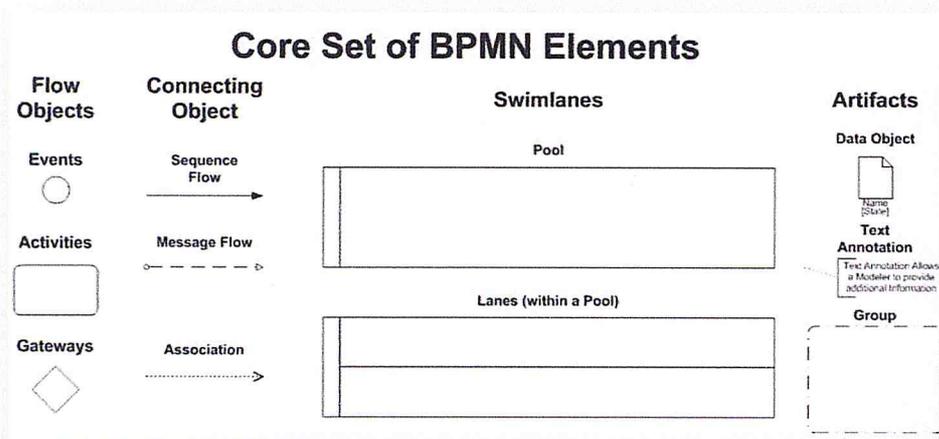


Figure A. 1. Les principaux éléments de BPMN

¹ http://edutechwiki.unige.ch/fr/Bpmn_2.0

1.1. Objets de flux

1.1.1. Les évènements

Un évènement est représenté par un cercle. Les évènements servent à identifier un état particulier dans le processus. Il représente quelque chose qui survient, il déclenche alors une action ou le résultat d'une action. Les évènements peuvent être de trois types :

- *L'évènement de début* est représenté par un cercle avec un contour fin. Il indique le point de départ et ne symbolise aucune tâche. Il peut recevoir un évènement de départ.
- *L'évènement intermédiaire* est symbolisé par un cercle avec un double trait. Il peut être utilisé de deux manières : au milieu d'un flux pour signaler l'attente d'un type d'évènement, ou rattaché à une tâche pour faire apparaître une exception au traitement de la tâche. Entre deux tâches, un évènement intermédiaire sans aucun type particulier (cercle vide) signale qu'une étape est franchie.
- *L'évènement de sortie* est représenté par un cercle au contour épais. Il indique la fin du processus et ne symbolise aucune tâche. Il peut envoyer un évènement de sortie.

Les types d'évènements sont : Message, Minuterie, Escalade, Conditionnel, Lien, Erreur, Annulation, Compensation, Signal, Multiple, Multiple parallèle, Arrêt.

- **Aucun** - Evénements sans type, indiquent les points de départ, les changements d'état ou les états finaux.
- **Message** - Réception et envoi de messages.
- **Minuterie** - Evénements cycliques, points dans le temps, durées ou délais.
- **Escalade** - Passage à un niveau de responsabilité supérieur.
- **Conditionnel** - Réaction à des conditions métiers modifiées ou intégration de règles de gestion.
- **Lien** - Connecteurs de page. Deux évènements de lien correspondants équivalent à un flux de séquence.
- **Erreur** - Réception ou émission d'erreurs nommées.
- **Annulation** - Réaction à des transactions annulées ou déclenchement d'annulation.
- **Compensation** - Gestion ou déclenchement de compensation.

- **Signal** - Signalisation sur différents processus. Un signal envoyé peut être reçu plusieurs fois.
- **Multiple** - Réception d'un événement faisant partie d'un jeu d'événements. L'envoi de tous les événements est défini.
- **Parallèle multiple** - Réception de tous les événements se produisant en parallèle.
- **Arrêt** - Déclenchement de l'arrêt immédiat d'un processus.

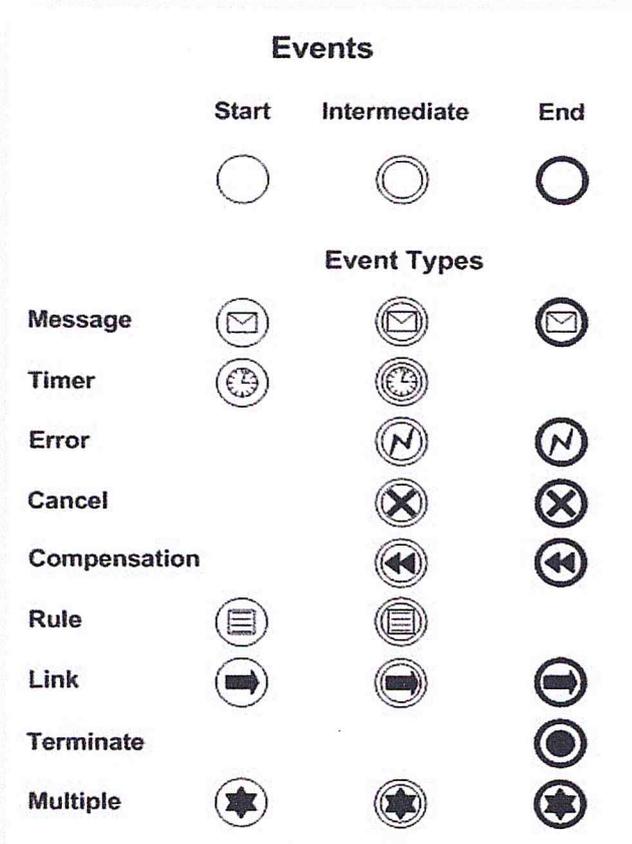


Figure A.2. Les évènements BPMN

1.1.2. Les activités

Une activité peut être un processus, un sous-processus ou une tâche. Elle est représentée par un rectangle aux coins arrondis.

- **Une tâche** est un élément indivisible. Elle représente une action. Chaque tâche a un début et une fin, par conséquent une tâche ne peut débuter que si la tâche précédente est terminée.

Des icônes complémentaires permettent de distinguer différents types de tâches :



Tâche abstraite - Unité de base de travail.



Envoi - Envoie un message à un participant externe au processus. Une fois le message envoyé, la tâche est terminée.



Réception - Attend qu'un message arrive d'un participant externe au processus. Une fois le message reçu, la tâche est terminée.



Tâche utilisateur – Une personne effectue la tâche avec l'aide d'une application logicielle, et cette tâche est programmée à l'aide d'un gestionnaire de tâches.



Tâche manuelle - Une tâche est effectuée sans l'aide d'un moteur d'exécution de processus métiers ou d'une application. Par exemple, un technicien en téléphonie installant une ligne téléphonique chez un client.



Règle de gestion - Envoie une entrée dans un moteur de règles de gestion et reçoit le résultat du calcul effectué par ce moteur.



Service - Utilise un service Web ou une application automatisée.



Script - Exécuté par un moteur de processus métiers.



Transaction - Jeu d'activités liées d'un point de vue logique, et qui peuvent suivre un protocole transactionnel spécifique.



Activité d'appel - Enveloppe d'un sous-processus ou d'une tâche qui est réutilisée dans le processus courant.

- **Un sous processus**

Est une tâche qui est décomposée. Elle est représentée par une tâche avec un petit + permettant d'accéder au détail. C'est la manière de définir des abstractions et de choisir la granularité de l'information représentée. Cela peut aussi être utilisé pour définir un contexte de traitement pour la gestion des exceptions.

 Sous-processus - Activité dont les détails internes ont été modélisés à l'aide d'activités, de branchements, d'événements et de flux de séquence.

 Sous-processus d'événement - Placé dans un processus ou dans un sous-processus. Il est activé dès qu'un événement de début est déclenché, et peut interrompre le contexte du processus de niveau supérieur ou être exécuté en parallèle (sans interruption) selon l'événement de début.

 Sous-processus Ad hoc - Type de sous-processus spécialisé qui représente un groupe d'activités qui n'ont pas de relations de séquence requises, et dont la séquence et le nombre sont déterminés par ceux qui effectuent les activités.

- **Les activités de répétition**

La boucle définit une tâche qui se répète tant qu'une condition n'est pas remplie. La tâche à instance multiple permet de représenter plusieurs exécutions de l'activité en parallèle. Toutes les instances doivent se terminer pour que l'activité soit achevée.

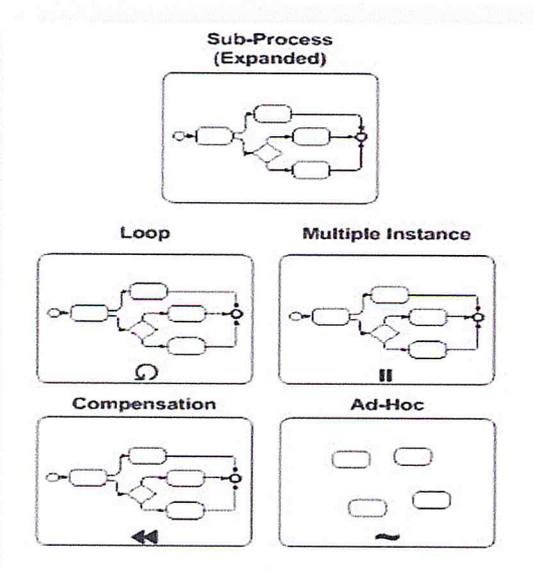


Figure A.3. Les activités BPMN

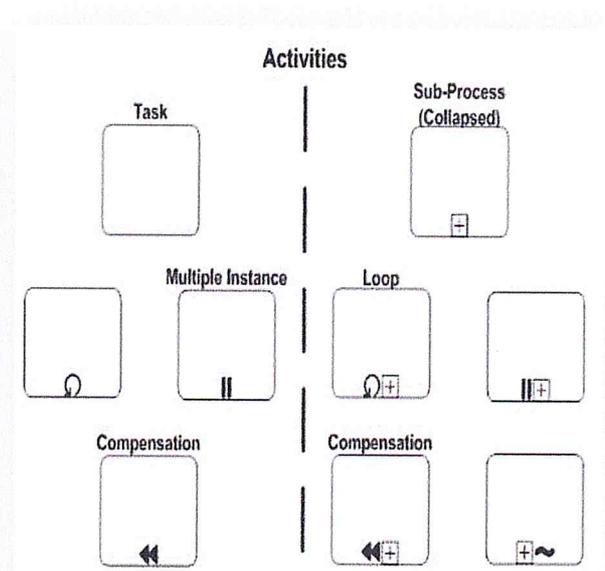
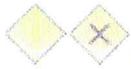


Figure A.4. Les activités de répétition

1.1.3 Gateways

Une passerelle est utilisée pour contrôler la divergence et la convergence du flux de séquence. Il est représenté comme une forme de losange.

Les différents branchements possibles sont :

 **Branchement de base/exclusif** - Lors de la scission, dirige le flux vers une branche sortante. Lors de la fusion, attend qu'une branche entrante se termine avant de déclencher le flux de sortie.

 **Branchement parallèle** - Lors de la scission, active toutes les branches sortantes simultanément. Lors de la fusion, attend que toutes les branches entrantes se terminent.

 **Branchement inclusif** - Lors de la scission, active une ou plusieurs branches. Lors de la fusion, attend que toutes les branches entrantes se terminent avant de fusionner.

 **Branchement événementiel** - Suivi par des événements de réception ou des tâches de réception et dirige le flux vers ce qui se produit le premier.

 **Branchement événementiel exclusif** - Démarre une nouvelle instance de processus pour chaque occurrence d'un événement ultérieur.

 **Branchement événementiel parallèle** - Démarre une nouvelle instance de processus pour l'occurrence de tous les événements ultérieurs.

 **Branchement complexe** - Traite le comportement de fusion ou de branchement complexe non couvert par les autres branchements.

1.2. Les objets de connexion

Les objets de connexion sont utilisés pour connecter des objets de flux au sein d'un diagramme. Il existe différents types de connexions possibles :

 **Message flow** sont représentés par une flèche en pointillés et servent à décrire les échanges entre processus. Ce connecteur est utilisé pour représenter l'échange de message entre deux entités susceptibles d'envoyer ou de recevoir un message. Un message flow doit relier deux pools ou deux entités situées dans deux pools différentes.

→ **Sequence flow** ce connecteur est utilisé pour représenter l'ordre dans lequel les activités seront exécutées. Ce flow n'a qu'une seule origine et qu'une seule destination (toute deux de type *event*, *activity* ou *gateway*, et seulement ceux-là).

→ **Association** servent comme support de rattachement entre une tâche et un artefact, de données, de texte. Elles sont représentées par un trait en pointillé. Les associations associent des données, du texte et d'autres objets avec des objets de flux.

1.3. Les swimlanes

Les « couloirs de nage » sont utilisés pour organiser et regrouper les éléments BPMN en catégories visuelles, montrant des fonctionnalités ou des responsabilités différentes.

Les deux types d'objets sont les suivants :

- **Pool** : représente un participant à un processus (département, service). Un pool peut contenir plusieurs couloirs (correspondant à des rôles : manager, assistant).
- **Lane** : c'est une partition en sous ensemble dans un pool. Ils sont utilisés pour organiser et classer les activités.

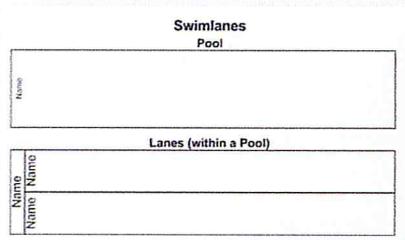


Figure A.5. Les swimlanes BPMN

1.4. Les artefacts

Ce sont des objets additionnels utilisés pour mieux comprendre le schéma : comme les activités de même catégorie, les données traitées ou bien des commentaires ou annotations. Les artefacts sont utilisés pour ajouter plus d'information au diagramme.

- **Les objets de données** : utilisés pour expliquer quelles données sont nécessaires dans le diagramme. Les données sont des éléments physiques ou des informations qui sont créés, manipulés ou utilisés lors de l'exécution d'un processus.

Les types de données suivants sont disponibles :



Donnée - Information circulant via le processus.



Entrée de données - Entrée externe pour l'ensemble du processus, qui peut être lue par une activité.



Sortie de données - Variable disponible pour l'ensemble du processus.



Collection d'objets de données - Collection d'informations, comme une liste d'articles dans une commande.



Entrée de données (collection).



Sortie de données (collection).



Magasin de données - Endroit où le processus peut lire ou écrire des données, comme une base de données ou un classeur d'archivage, et qui persiste au-delà de la durée de vie de l'instance de processus.

- **Les groupes** : utilisés pour des activités de groupes différents, sans affecter le flux dans le diagramme.
- **Les annotations** : utilisées pour donner plus d'informations et des commentaires sur le diagramme.

Annexe B : Une vue d'ensemble sur Papyrus

Dans cette annexe nous allons présenter l'outil Papyrus que nous avons utilisé pour la conception de notre métamodèle BPMN de processus de collaboratif inter-organisationnel.

Papyrus² est un outil open source d'édition graphique pour UML2, écrit en Java et basé sur Eclipse. Il peut être installé comme un plugin d'Eclipse ou bien comme un outil autonome.. Papyrus vise à fournir un environnement intégré et facile à utiliser pour éditer tout type de modèle EMF, il fournit des éditeurs de diagramme pour les langages de modélisation basé sur EMF (tel que UML2) et fournit les outils nécessaires à intégrer ces éditeurs qui peuvent être basés sur GMF ou autre.

Papyrus cherche à mettre en œuvre la spécification standard complète d'UML2, Papyrus fournit un support étendu pour les profils UML. Il comprend donc toutes les facilités pour définir et appliquer des profils UML d'une manière très riche et efficace. Mais, il offre également des capacités puissantes d'outils de personnalisation similaires aux métaoutils DSML. De cette façon Papyrus est un outil permettant de regrouper les avantages de l'utilisation d'un langage de modélisation généraliste tel qu'UML2, mais aussi ceux des approches basée sur les DSML.

L'utilisation de Papyrus présente plusieurs avantages, on peut citer les suivants :

- Gérer les profils et les stéréotypes UML ;
- Gérer le chargement des ressources ;
- Adapter le chargement de modèle en fonction de leur contexte ;
- Travailler avec des restrictions sur le modèle ;
- Diviser un modèle en plusieurs parties ;
- Réassembler un modèle ;
- Rendre le travail d'équipe possible sur un modèle ;
- Travailler sur d'énormes modèles ;
- Faciliter la définition des DSML ;
- Faciliter la personnalisation avec des outils de configuration dynamiques ;
- Réduire le coût et le temps pour développer des éditeurs spécifiques de domaine.

² <https://wiki.eclipse.org/Papyrus>

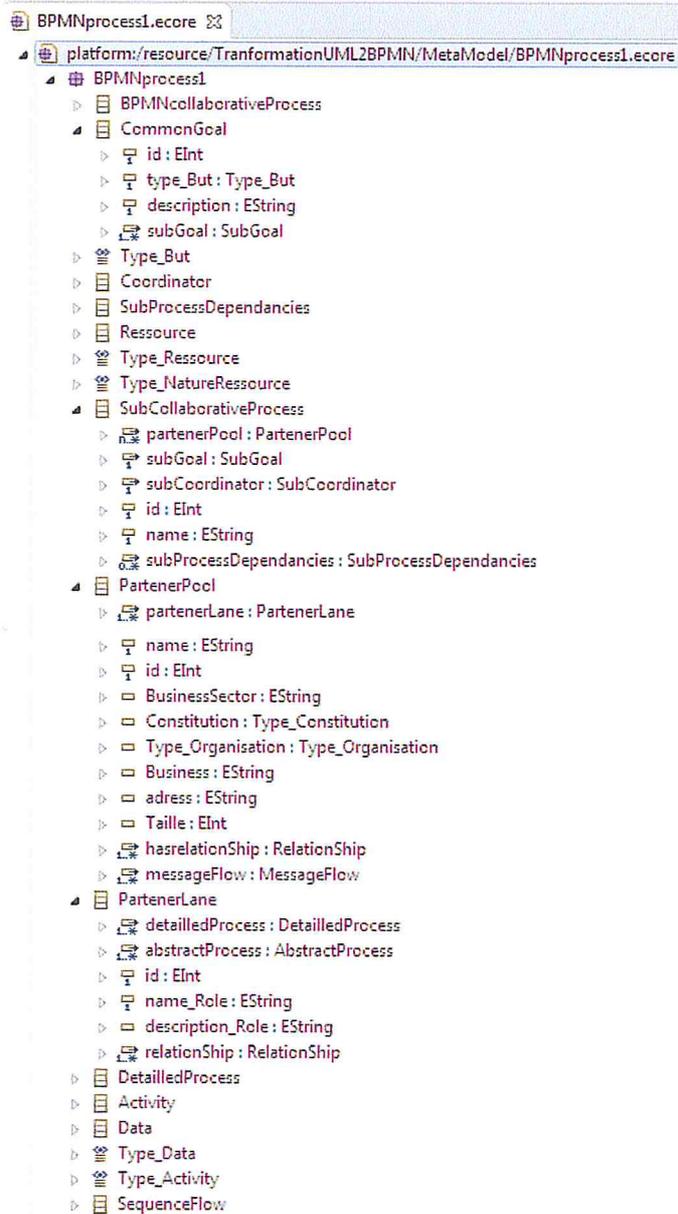
Annexe C : Métamodèle UML du processus collaboratif et Métamodèle BPMN du processus collaboratif

C.1 Métamodèle UML du processus collaboratif (Ecore Diagramme)



Figure C.1 Métamodèle Ecore du processus collaboratif UML.

C.2 Métamodèle BPMN du processus collaboratif inter-organisationnel (Ecore Diagramme)



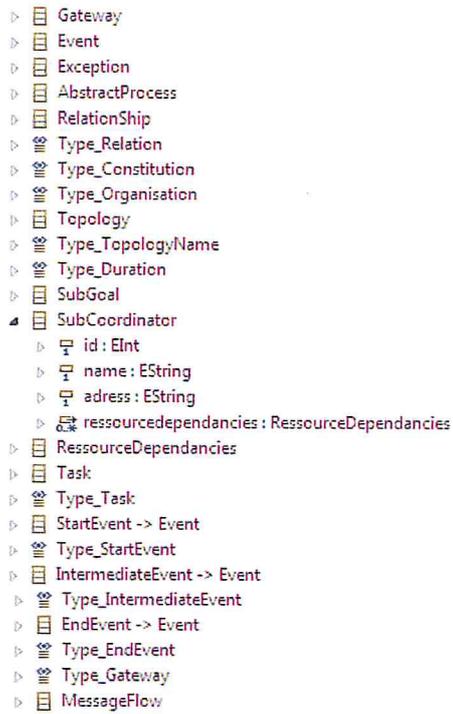


Figure C.2 *Métamodèle Ecure du processus collaboratif BPMN.*