

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abbes Laghrour -Khenchela
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Mathématiques et Informatique



Mémoire de fin d'études

pour l'obtention du diplôme de Master en Informatique

Spécialité : Génie logiciel et systèmes distribués

Une sémantique opérationnelle pour les diagrammes de collaboration BPMN.

Présenté par :

Zeraoulia khemissa

Dirigé par :

Dr. Maarouk Toufik Messaoud

Promotion : 2021/2022

Table des matières

Table des figures	3
Liste des tableaux	4
0.1 Abstract	7
1 Introduction générale	8
1.1 Contexte et problématique	8
1.2 Plan du mémoire	9
2 La notation BPMN	10
2.1 Introduction	10
2.2 Histoire de BPMN	11
2.3 La notation BPMN	11
2.4 Utilisations générales de BPMN :	12
2.5 les éléments de base de BPMN	13
2.5.1 Objets de flux :	13
2.5.2 Objets de connexion :	18
2.5.3 Couloirs d'activités :	18
2.5.4 Artefacts	20
2.6 conclusion	22

3	Sémantique opérationnelle de la notation BPMN	23
3.1	Introduction	23
3.2	Sémantique opérationnelle de BPMN	23
3.3	Les principaux avantages de la sémantique proposée	24
3.4	Syntaxe proposée à la notation	25
3.5	Modèle de collaboration BPMN	27
3.6	Les termes de la syntaxe BPMN	27
3.7	La sémantique opérationnelle en terme de collaboration marquée	28
3.7.1	Règles d'inférences	29
3.8	Conclusion	36
4	Vers une extension de la sémantique formelle de Corradini	37
4.1	Introduction	37
4.2	Extension de la syntaxe de BPMN	37
4.3	Sémantique opérationnelle	38
4.3.1	Évènement Timer	39
4.3.2	Activité loop	40
4.3.3	Activité Multi-Instance	41
4.3.4	Activité Compensation	42
4.4	conclusion	43
5	Conclusion et perspectives	44

Table des figures

2.1	Types Événements	15
2.2	type l'évènement :events	16
2.3	les activites, task	16
3.1	Exemple d'acheteur-revendeur.	25
3.2	Sémantique opérationnelle BPMN : acheteur collaboration.	31
3.3	Sémantique opérationnelle : couche collaboration.	32
3.4	Sémantique opérationnelle BPMN : constructions de gateway.	33
3.5	Sémantique opérationnelle :constructions de task	35
4.1	Syntaxe BPMN.	38
4.2	la sémantique opérationnelle(évent constructs).	39
4.3	Sémantique opérationnelle pour l'activité loop.	40
4.4	Sémantique opérationnelle l'activité loop (suite).	41
4.5	Sémantique opérationnelle multi-instance.	42
4.6	la sémantique opérationnelle(task markers,compensation).	43

Liste des tableaux

2.1	Les versions de la notation BPMN	12
2.2	Les types de données	21

Remerciements

Que ce témoignage soit le gage de la grande estime que je vous voue. À Monsieur Dr. MAAROUK TOUFIK MESSAOUD, C'est avec une grande joie que j'ai accueilli votre accord pour diriger ce travail. Vous m'avez guidé et éclairé durant toute la durée de réalisation de ce travail. Je vous remercie vivement d'avoir bien voulu mettre à ma disposition votre savoir et votre temps précieux. Que ce travail soit une occasion pour vous exprimer mon profond respect et ma vive gratitude.

Résumé

La notation BPMN c'est une technique de modélisation des processus métiers. Cette notation utilise des éléments graphiques et visuel pour modéliser un système. L'inconvénient principale de BPMN c'est la manque d'une sémantique formelle des ses éléments graphique, ce qui conduit des interprétations différentes pour le même diagramme. L'objectif principale de notre travail est de proposer une sémantique opérationnelle pour un sous-ensemble de la notation BPMN.

Mots clés : BPMN, processus métiers, sémantique opérationnelle.

0.1 Abstract

BPMN notation is a technique for modelling business processes. This notation uses graphic and visual elements to model a system. The main disadvantage of BPMN is the absence of a formal semantics of its graphic elements, which lead to different interpretations for the same diagram. The main objective of our work is to propose an operational semantics for element of BPMN.

Chapitre 1

Introduction générale

1.1 Contexte et problématique

La notation BPMN a été promue en tant qu'une norme pour la spécification et la modélisation des processus métiers. Cette notation contient nombre important d'éléments qui permettent la modélisation de la majorité des systèmes métiers.

Le point fort de cette notation c'est l'utilisation des éléments graphique ce qui facilite la tâche des concepteurs de systèmes. En revanche, le point faible de la notation BPMN c'est le manque d'une interprétation formelle et rigoureuse des diagrammes BPMN, cette lacune peut induire à des problèmes d'inconsistance dans les systèmes développés.

L'objectif de notre travail est de proposer une sémantique formelle pour un sous-ensemble des éléments BPMN. Notre travail s'inspire largement de travail de Corradini et al. dans le quelle Corradini et al. ont proposés une sémantique opérationnelle pour les évènements, les activités, et les gateway.

Dans ce mémoire, nous présentons la notation BPMN de manière approfondie. Ensuite nous détaillons le travail de Corradini et al. Finalement nous proposons notre extension aux éléments BPMN.

1.2 Plan du mémoire

Le mémoire est organisé de la manière suivante :

Chapitre 1 : une introduction générale dans laquelle nous introduisons la problématique et l'objectif de ce travail.

Chapitre 2 : Il est consacré à la présentation des éléments de la notation BPMN, le chapitre introduit la sémantique informelle de chaque élément.

Chapitre 3 : Ce chapitre présente de manière détaillée le travail de Corradini et al. qui porte sur la proposition d'une sémantique opérationnelle pour les éléments BPMN.

Chapitre 4 : Ce chapitre introduit une extension de la sémantique formelle définie dans le cadre du chapitre 3.

Conclusion et perspectives : donne finalement quelques conclusions des travaux présentés dans ce mémoire et les perspectives possibles de ce travail.

Chapitre 2

La notation BPMN

2.1 Introduction

Le processus est une séquence d'étapes, où un ou plusieurs personnes se partagent des tâches pour réaliser un objectif précis[1]. Actuellement, toutes les sociétés et les entreprises décrivent des représentations graphiques pour leur processus, grâce à des techniques de dessins, que les programmeurs ont utilisé pour illustrer le fonctionnement de leurs programmes, cette représentation des processus peut être grande ou petite échelle,les rend une source d'inspiration pour ceux qui désirent mettre leurs projets en ordre, ceci impliquait la diffusion de plusieurs variantes, chacune avec son degré d'expressivité et de complexité, la conception se complexifie rapidement et devient illisible et ambiguë,et cela nécessite la construction d'une norme facile et comprise par tous les acteurs impliqués dans l' utilisation d'un processus allant des analystes métiers jusqu'aux développeurs qui vont l'exécuter. Pour réaliser, un standard représentant d'une manière graphique et très expressive les processus pratiques qui se produisent dans tous les types d'organisation, des recettes de cuisine aux processus d'affectation du prix Nobel, de la gestion des incidents aux systèmes de vote électroniques, ou encore les procédures de réservation de voyages, pour n'en nommer que quelques-uns.

À présent, la notation BPMN est de plus en plus populaire. Ce chapitre vise à présenter la

technique et la méthode actuelle utilisée pour l'identifier ainsi que modaliser les processus d'affaires BPMN (BUSINESS PROCESS MODELING NOTATION) et définir ses objets, et ses éléments graphiques.

2.2 Histoire de BPMN

BPMN a été conçu par le Business Process Management Initiative (BPMI). Il s'agit d'un consortium de plusieurs entreprises principalement développant des logiciels. Le premier but était de fournir une notation graphique au langage BPML (Business Process Modeling Language), développe également par BPMI. Par la suite, BPML ne sera plus maintenu et sera abandonné au profit de BPEL. La première version de BPMN a été produite par la société IBM en 2004.

Deux ans plus tard, BPMN version 1.0 a été accepté comme standard OMG (Object Management Group). L'OMG est une association américaine à but non lucratif, créé en 1989 dont l'objectif est de standardiser et promouvoir le modèle objet sous toutes ses formes. L'OMG est notamment à la base des standards UML (Unified Modeling Language), maintenant BPMN est devenu la norme incontournable pour la modélisation de processus métiers [2],[3].

2.3 La notation BPMN

BPMN est basé sur une technique d'organigramme, conçu pour créer des modèles graphiques d'exploitation des processus d'affaires. Un modèle de processus métier, est un réseau d'objets graphiques, qui sont des activités et les contrôles de flux qui permettent de définir leur ordre d'exécution [4]. BPMN est un langage visuel utilisé par ceux qui conçoivent, gèrent

et réalisent des processus d'affaires pour modéliser les processus d'affaires.[5] BPMN est une

notation graphique développée par BPMI(Business management Initiative) en mai2004, elle a utilisé comme norme par l'OMG en 2005, il aide les parties prenantes à comprendre un processus spécifique en montrant les étapes de travail du début à la fin.

La version courante de la notation BPMN (BPMN version 2.0) a été publiée en Août 2009. Le tableau 1-1 présente une liste de toutes les versions antérieures du BPMN ainsi que leur date de publication[6]. Les versions de la notation BPMN.

Version	Date de publication
Version1.1	Mai2008
Version1.2	Mai2009
Version2.0	Mai2010
Version2.2	janvier2014

TABLE 2.1 – Les versions de la notation BPMN

2.4 Utilisations générales de BPMN :

La modélisation des processus métier est utilisée pour communiquer une grande variété d'informations aux différents publics. BPMN est conçu pour couvrir de nombreux types de modélisation et permet la création de processus segments ainsi que des processus métier de bout en bout, à différents niveaux de fidélité. Au sein de la variété[7] des objectifs de modélisation de processus, la norme définit trois types de diagrammes :[8]

- *Diagramme de collaboration(Collaboration Diagram)* ;
- *Diagramme de processus(Process Diagram)* ;
- *Diagramme de chorégraphie(choreography Diagram)* ;

2.5 les éléments de base de BPMN

BPMN est destiné aux utilisateurs professionnels et contient un sous-ensemble d'objets BPMN 2.0 appropriés pour la conception et l'analyse des processus opérationnels. Il est constitué d'un ensemble d'éléments graphiques variés qui servent à réaliser et permettent la description des processus. Pour modéliser un BPMN process on a besoin de différents types d'objet, il existe quatre principaux éléments de base de la notation BPMN[9], qui mettent l'accent sur le flux de séquence dans un seul processus unique (qui peut se trouver dans une piscine), et des diagrammes de collaboration, qui incluent plusieurs pools, avec des messages qui circulent entre eux. En effet, cette notation se base sur 4 familles d'objets :

- *Objets de flux.*
- *Objets de connexion.*
- *Couloirs d'activités.*
- *Artefacts.*

Chaque famille d'objets contient des sous catégories d'objets.

2.5.1 Objets de flux :

Ce sont les objets élémentaires composant le flux d'un processus. Ces objets (Evènements(events), Activités(Activities) et Portes(Getwey)).




Evènements(events) :

- *To start and finish processes*[10].
- Un processus commence par un événement de début et se termine par un ou plusieurs événements de fin. L'événement est représenté par un cercle et quelque chose. Cela "se

produit" au cours d'un processus métier[11].

Les événements affectent le déroulement du processus et ont généralement un fichier cause (déclencheur) ou effet (effet), ils sont des cercles avec des positions ouvertes pour permettre le marquage interne. Différencier les différents stimuli ou résultats. Les événements peuvent être de trois types différents :

1. Début(Start) : Il indique le point de départ et ne symbolise aucune tâche. Il peut recevoir un évènement de départ.
2. Intermédiaire(Intermediate) : L'évènement intermédiaire est symbolisé par un double trait. C'est une partie importante de BPMN. Il peut être utilisé de 2 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.
3. Fin (End)de sortie : Il indique la fin du processus et ne symbolise aucune tâche. Il peut envoyer un évènement de sortie.

Type d'évènement	Symbole	Description
Début		Évènement de départ d'un processus.
Intermédiaire		Évènement qui se déroule lors de l'exécution d'un processus.
Fin		Évènement de fin d'un processus.

Descriptive, les types d'événement de début suivants sont disponibles :







Symbole	Description
	Événement de début standard - Le processus commence sans événement déclencheur particulier.
	Evenement de début Message - Le processus commence suite à la réception d'un message, comme une commande ou une requête.
	Evenement de début Minuterie - Le processus commence à une date ou à une heure spécifique, comme Lundi à 9H.

FIGURE 2.1 – Types Événements

Descriptive, les types d'événement de fin suivants sont disponibles :

Symbole	Description
	Début standard - Le processus se termine simplement lorsque toutes les tâches sont terminées.
	Evenement de fin Message - Le processus se termine par l'envoi d'un message, comme un tarif, une facture ou un rapport.
	Événement de fin Arrêt - Toutes les tâches de tous les flux de séquence parallèles sont arrêtés immédiatement lorsqu'une branche atteint un événement de fin Arrêt.

Activités (Activities) :

- *to show the working steps.*
- *décrivent l'action à mener à une instance du processus (tâche, transaction, sous-processus, appel).*

Correspond à un travail réalisé par l'organisation modélisée dans le processus. Peut être atomique tâche(atomic) ou(compoundes) Sous-Processus.

	Start	Intermediate		End
		Catching	Throwing	
Plain				
Message				
Timer				
Error				
Cancel				
Compensation				
Conditional				
Signal				
Multiple				
Link				
Terminate Flow				

	- Sequence Flow Event only
	- Boundary and Sequence Flow Event
	- Boundary Event only






FIGURE 2.2 – type l'évènement :events

Type d'activité	Symbole
Tâche	
Sous-Processus	

FIGURE 2.3 – les activites, tesk

Portes, Passerelle, branchements (Gateway) :

Permet de gérer les entrées/sorties multiples d'une activité et les conditions s'y afférant. Détermine la fusion et coordination et synchronisation des évènements ou résultats d'autres activités conduisant au déclenchement de l'activité. Les branchements sont des symboles

Symbole	Description
	Tâche standard - Peut être utilisée pour tout type d'activité.
	Tâche Service - Tâche réalisée par une application ou par un service Web sans intervention humaine.
	Tâche Utilisateur - Tâche effectuée par un humain qui interagit avec une application.
	Activité Appel - Tâche qui réutilise un processus global. Par exemple, vous pouvez définir un processus Connecter et le réutiliser dans plusieurs processus.
	Sous-processus - Tâche qui est elle-même décomposée en sous-tâches.

qui séparent et combinent des flux dans un schéma BPMN. Il existe plusieurs types de branchements[12] :

1. Symbole Exclusif : évalue l'état du processus métier et en fonction des cas, sépare le flux en un ou plusieurs chemins s'excluant mutuellement. Par exemple, un rapport sera écrit si le supérieur hiérarchique donne son accord, aucun rapport ne sera écrit s'il ne le donne pas.[13]
2. Symbole Dépendant d'un événement : un branchement basé sur un événement est semblable à un branchement exclusif – tous deux impliquent un chemin dans le flux. Toutefois, dans le cas d'un branchement dépendant d'un événement, vous évaluez l'événement qui s'est produit, et non la condition qui a été remplie. Par exemple, il peut être préférable d'attendre que le PDG soit arrivé au bureau avant d'envoyer un e-mail. Si le PDG n'arrive pas, l'e-mail ne sera pas envoyé.
3. Parallèle : ce type de branchement se distingue des autres en ce qu'il ne dépend pas de conditions ou d'événements. Au lieu de cela, les branchements parallèles sont utilisés pour représenter deux tâches simultanées dans un processus métier. Par exemple, un service marketing qui génère de nouveaux prospects tout en contactant des prospects existants.[14]
4. Symbole Inclusif : décompose le schéma de procédé en un ou plusieurs processus. Par exemple, un branchement inclusif pourrait représenter des actions commerciales

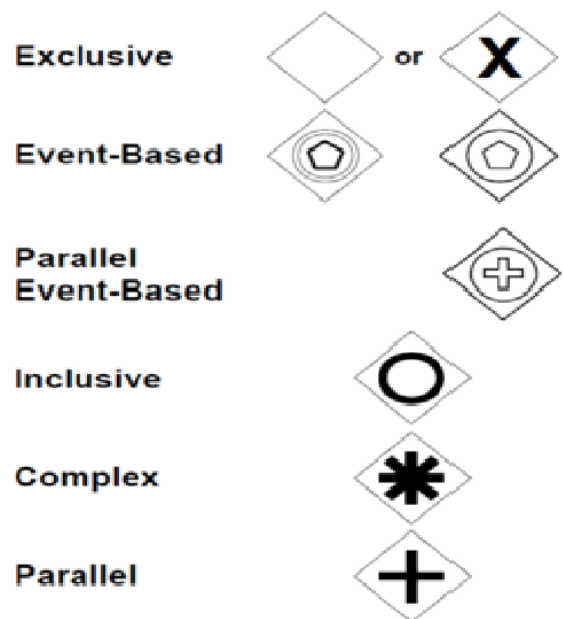
engagées suite aux résultats d'une enquête consommateurs. Un processus peut être déclenché si le client est satisfait du produit A. Un autre est déclenché si le client indique qu'il est satisfait du produit B, et un troisième s'il n'est pas satisfait du produit.

5. Symbole Dépendant d'un événement exclusif : démarre un nouveau processus à chaque occurrence d'un événement ultérieur.
 6. Symbole Complexe : ces branchements ne sont utilisés que pour les flux les plus complexes dans un processus métier. Le cas typique d'utilisation d'un branchement complexe est lorsque plusieurs branchements sont nécessaires pour décrire le processus métier.
 7. Symbole Dépendant d'un événement exclusif : démarre un nouveau processus à chaque occurrence d'un événement ultérieur.
 8. Symbole Dépendant d'un événement parallèle : comme leur nom l'indique, ces branchements sont semblables à des branchements parallèles. Ils permettent le déroulement de plusieurs processus simultanément, mais contrairement aux branchements parallèles, ces processus dépendent d'un événement.
1. Passerelle exclusive (XOR) : 1 seul des flux entrant ou sortant possible)
 2. Passerelle inclusive (OR) : Si au sein l'intérieur d'un même couloir (lane) implique parallélisme (et donc synchronisation)

2.5.2 Objets de connexion :

2.5.3 Couloirs d'activités :

Un couloir caractérise le contexte du processus en terme d'acteurs (participants) : adresse la question du « Qui fait quoi ».





Nom	Symbole	Brève description
Flux de séquence (Sequence Flow)		Représente le cours du processus. Permet de lier les éléments du tableau précédents.
Flux de message (Message flow)		Représente le flux des communications. Élément lié à un message.
Association		Aucun lien avec le cours du processus. Ce symbole sert à lier des informations additionnelles facultatives à des éléments du processus (Voir artefacts tableau 6).

On utilise les couloirs pour organiser les différents aspects d'un processus dans un diagramme BPMN. Ils regroupent visuellement des objets, chaque aspect d'un processus étant ajouté dans un couloir séparé. Ces éléments peuvent être disposés horizontalement ou verticalement. Les couloirs servent à organiser les activités en catégories séparées, mais peuvent aussi révéler des retards, des manques d'efficacité, ainsi que les personnes responsables à chaque étape d'un processus. [15]

Les types de couloirs

Il y a deux types de couloirs :

Nom	Symbole	Brève description
Bassin (Pool)		C'est un conteneur. Il représente les frontières d'un processus. Toutes les tâches se déroulent à l'intérieur du bassin. Seules les communications (flux de message) peuvent sortir d'un bassin vers un autre bassin.
Couloir (Lane)		Un couloir représente un acteur, un rôle à l'intérieur d'un bassin. Le flux d'activité peut traverser les couloirs pour représenter l'enchaînement des tâches entre les différents acteurs de notre processus.

Pool : caractérise un participant, voire une organisation ou un département d'une organisation. L'interaction entre deux entreprises se représentera donc avec deux pools.

Lane : permet de subdiviser une Pool, lorsque plusieurs participants/acteurs, interviennent dans un processus.

Collaboration : Interaction entre deux couloirs (pool), l'un décrivant un acteur « externe » au processus dont on n'a pas à connaître le processus interne , messages s'arrêtent au contour du couloir.

Une activité doit être dans un couloir.[16]

2.5.4 Artefacts

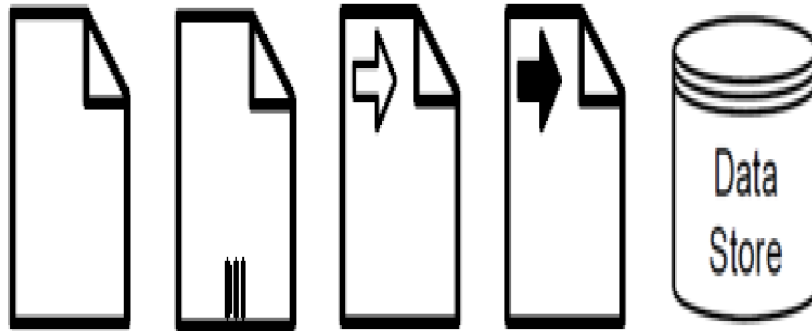
Les artefacts sont des objets supplémentaires qui apportent des détails complémentaires afin d'assurer une compréhension parfaite du processus.[17]

— Data objects : représente la place des données ou les informations, il y a quatre :

1. DATA INPUT.
2. DATA OUPUT.
3. DATA COLLECTION.

4. DATA STORE.

- Annotation.
- Groupes.



Type	Explication
Données	Représente une information passant par le processus
Données (collection)	Représente une collection d'information passant par le processus
Données ()	Représente une information externe entrante au processus
Données (Output)	Représente une information externe sortante au processus
Données (Data Store)	Représente un répertoire de données comme une base de données où le processus peut lire et écrire

TABLE 2.2 – Les types de données

2.6 conclusion

En conclusion, nous avons vu que le BPMN est une notation qui permet de représenter les processus d'affaires en définissant des modèles graphiques qui décrivent la succession des activités du processus. Cette description peut se faire en différents niveaux de détails en s'appuyant sur une bibliothèque riche en objets graphiques. De manière générale BPMN est un langage graphique standardisé et basé sur une structure XML. Il permet de dessiner des diagrammes représentant le déroulement et l'enchaînement de tâches. À l'aide de différents éléments standards, une séquence d'activités d'un processus peut être détaillée en vue de l'atteinte d'un objectif.

Chapitre 3

Sémantique opérationnelle de la notation BPMN

3.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons étudier et détailler la formalisation de la notation BPMN 2.0. Le travail porte sur la sémantique opérationnelle de BPMN, le modèle sous-adjacent utilisé est les systèmes de transitions étiquetés(STE).

Ce travail ouvre la voie sur l'utilisation des techniques formelles de vérification basées sur STE en utilisant les outils de model-checking.

Le travail considéré dans le cadre de ce chapitre est proposé par les auteurs Flavio Corradini, Andrea Polini, Barbara Re(B), et Francesco Tiezzi dans un article publié en 2016, intitulé : An Operational Semantics of BPMN Collaboration.

3.2 Sémantique opérationnelle de BPMN

La sémantique opérationnelle est donnée pour un sous-ensemble d'éléments BPMN axés à la capacité à modéliser les collaborations entre les organisations via l'échange de messages.

Un de ses aspects distinctifs est l'aptitude à modéliser les processus métiers avec topologie arbitraire. Cela permet aux concepteurs de spécifier librement leurs processus selon la réalité sans avoir besoin de définir un modèle bien structuré. Flavio Corradini, Andrea Polini, Barbara Re(B), et Francesco Tiezzi illustrent leur approche à travers un simple exemple courant sur les transactions commerciales. Parmi les différentes caractéristiques de la notation la possibilité de modéliser une collaboration de différentes organisations et l'échange des messages et la coopération pour atteindre un objectif commercial commun.

La notation est une nouvelle formalisation qui fournit une sémantique opérationnelle au BPMN dans le style SOS en s'appuyant sur le notion de système de transition étiqueté.[18]

3.3 Les principaux avantages de la sémantique proposée

- C'est une sémantique native, plutôt qu'une cartographie vers d'autres formalismes .
- Elle fournit une approche de composition basée sur LTS, qui ouvre la voie sur l'utilisation des techniques d'analyse et d'outils logiciels associés .
- Elle convient de modéliser les processus métiers avec une topologie arbitraire, sans imposer des restrictions syntaxiques, comme la structuration habituellement requise par d'autres propositions.
- Les éléments essentiels qui sont : les tâches, les passerelles... etc tiennent compte des collaborations et des échanges de messages, négligés par d'autres formalisations.[19]

Les auteurs présentent une spécification de collaboration BPMN, ils utilisent l'exemple suivant :

L'exemple montre le processus BPMN qui combine les activités d'une organisation d'acheteurs et d'un revendeur qui doivent se collaborer sur le marché afin de conclure une transaction commerciale.

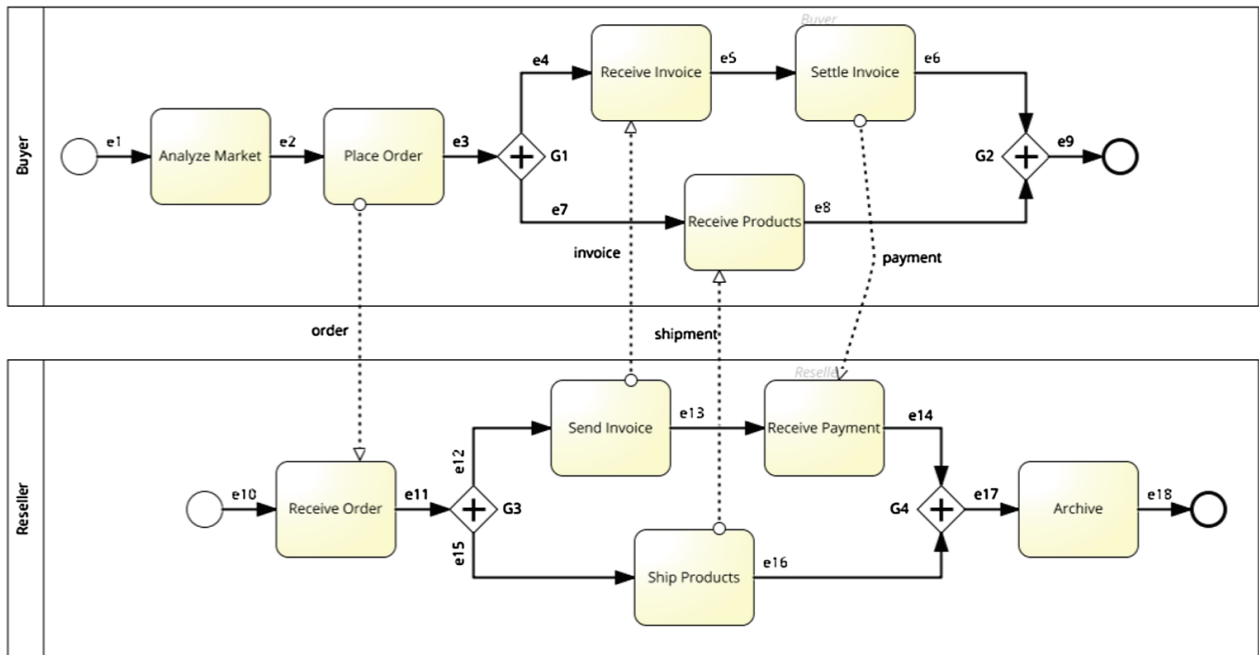


FIGURE 3.1 – Exemple d’acheteur-revendeur.

Après l’analyse du marché par l’organisation acheteuse, elle passe sa commande en envoyant le message de commande au revendeur. Ensuite, l’acheteur se partage en deux chemins parallèles par la passerelle AND G1(geteway). Le chemin supérieur reçoit la facture du revendeur et les règles, en parallèle et le chemin inférieur reçoit les produits du revendeur.

Enfin, les deux flux de l’acheteur sont synchronisés par la passerelle AND G2, l’acheteur arrête ses activités. Cet échange de messages est soutenu par le comportement du revendeur qui, après réception de la commande, rompt son comportement en deux chemins parallèles en utilisant la passerelle AND G3. Dans le chemin supérieur, le revendeur envoie la facture et reçoit le paiement, alors que dans le chemin inférieur, il effectue l’expédition des produits commandés. Enfin, les flux du revendeur sont synchronisés à la passerelle AND G4, le processus du revendeur se termine et après la commande est archivée.

3.4 Syntaxe proposée à la notation

Les auteurs proposent une syntaxe BNF pour les éléments BPMN.

<i>(Collaborations)</i>	$C ::=$	
<i>(Pool, k ≥ 0)</i>		
<i>(Pool collection)</i>		$C_1 \ C_2$
<i>(Processes)</i>	$P ::=$	
<i>(Start event)</i>		
<i>(End event)</i>		
<i>(Task, k ≥ 0)</i>		
<i>(Split gateway, k > 2)</i>		
<i>(Join gateway, k > 2)</i>		
<i>(Node collection)</i>		$P_1 \ P_2$
<i>(Gateways)</i>	$G ::=$	
<i>(XOR/AND/OR)</i>		

La syntaxe de BPMN est définie par les productions grammaticales de la forme $N ::= A_1 | \dots | A_n$, où N est un symbole non terminal et des alternatives A_1, \dots, A_n sont des compositions des symboles terminaux et non terminaux.

1. les symboles non terminaux sont C, P, G , représentant les collaborations, processus et les passerelles.
2. les symboles terminaux sont les piscines (*pools*), événements(*events*), tâches(*tasks*), passerelles(*gateways*), et bords(*edges*).

3.5 Modèle de collaboration BPMN

Un modèle de collaboration BPMN est exprimé dans cette syntaxe en tant que collection de piscines et des bords de message, chaque piscine contient un processus défini comme un ensemble de nœuds avec entrée et/ou sortie et les bords(edges) de flux peuvent connecter différents nœuds. Ces derniers sont des événements, des tâches et des passerelles (XOR/AND/OR).

3.6 Les termes de la syntaxe BPMN

Un terme de la syntaxe peut être directement obtenu à partir d'un modèle BPMN en décomposant la collaboration dans la collecte de piscines, les processus dans la collecte de nœuds, et les bords en deux parties. *Les ensembles de noms utilisés sont :*

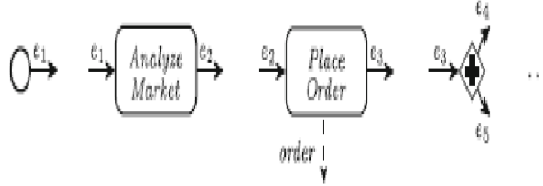
- ◇ o l'ensemble de noms d'organisation.
- ◇ m l'ensemble des noms de messages.
- ◇ e l'ensemble des bords de flux.
- ◇ t l'ensemble des noms de tâches.

Les auteurs ne considèrent que les spécifications qui sont bien définies et qui respectent les quatre contraintes syntaxiques suivantes :

- Les pools distincts (tâches de responsabilité) ont des noms différents .
- Dans une collaboration, pour chaque bord de message libelle par m sortant d'un pool, il n'existe qu'un seul bord de message correspondant étiqueté par m entrant dans une autre pool.
- Dans un pool , pour chaque message sortant libelle par m , il n'existe qu'un seul correspondance étiqueté au niveau de processus.

- Dans un processus , pour chaque bord de séquence flux (workflow)étiqueté par e sortant d'un noeud, il n'existe qu'un seul correspondance entrant.

Le processus $P_{acheteur}$ est défini comme suit : Le processus $P_{revendeur}$ est défini de la



même manière.

3.7 La sémantique opérationnelle en terme de collaboration marquée

La sémantique de BPMN est donnée en terme de collaborations marquées, c'est à dire une collection des piscines équipées d'un marquage.

Un marquage est la distribution de jetons (toknes) aux bords des messages et des éléments de processus et qui indiquent l'arrivée des messages ou le contraire et les Nœuds de processus actifs ou inactifs à une étape d'exécution donnée.[20] Pour les besoins de la présentation,la sémantique opérationnelle du BPMN est définie sur une syntaxe plus claire :

- Les bords du message des pools, sont marqués (étiquetés) par des jetons de message .



- Les événements et les tâches sont marqués par des jetons de flux de travail (*workflow*) •.
- Les jetons avancent dans les constructions syntaxiques.
- La présence d'un certain nombre de jetons de message au même endroit représenté par m_n où n est la multiplicité symbolique.
- Le marquage initial d'une collaboration assigne un jeton de flux de travail pour les événements de début du processus de chaque pool dans la collaboration .

3.7.1 Règles d'inférences

La sémantique est définie en terme de système de transitions étiquetés[21], par le triple de la forme :

$$C \xrightarrow{l} C'.$$

La collaboration C peut effectuer une transition étiquetée par l et devenir C' . Les étiquettes de transition sont générées par la règle de production suivante :

$$(labels) \quad l ::= o : \alpha \mid o_1 \longrightarrow o_2 : m.$$

La signification des labels est :

$o : \alpha$ une action α formée par le processus de l'organisation o .

$o_1 \longrightarrow o_2 : m$ l'échange d'un message m de l'organisation o_1 à o_2 .

Nous appliquons la règle précédente à notre exemple figure on écrit :

$$P \xrightarrow{\alpha} P' .$$

Collaboration P peut effectuer une transition étiquetée par α et devenir P' .

Les étiquettes utilisées par cette relation de transition auxiliaire sont générées par les règles de production suivantes :

(Action) $\alpha ::= \tau \mid !m \mid ?m$

(Internal actions) $\tau ::= \text{enabled } t \mid \text{completed } t \mid (-\tilde{e}_1, +\tilde{e}_2)$

1. $\star \tilde{e}$: l'ensemble de bords(edges).
2. $\star \tau$: c'est l'action interne.
3. $\star !m$ et $?m$: envoi et réception des actions.

Les actions internes sont :

1. *enabled t* et *completed t* : signifie début et la fin d'exécution d'un tâche t .
2. $(-\tilde{e}_1, +\tilde{e}_2)$: le mouvement de marquage workflow(tokens) dans un processus,
3. un tokens, un jeton est retiré de chaque bord dans (\tilde{e}_1) et un est ajouté à chaque bord en (\tilde{e}_2) .

La sémantique est exprimée par la figure 3.2.

Les trois règles sont définies pour une pool unique, représentant l'organisation o à évoluer en fonction de l'évolution de son processus clos P .

- Si P fait une action interne implique l'application de la règle interne (rule *Internal*). p envoi un action implique, l'application de la règle d'envoyer (rule *Send*).
- Si p reçoit un action ,implique de la règle de recevoir(rule *Receive*).

L'étiquette est enrichie du nom o de l'organisation qui réalise l'action, représenté par la transition étiquetée par :

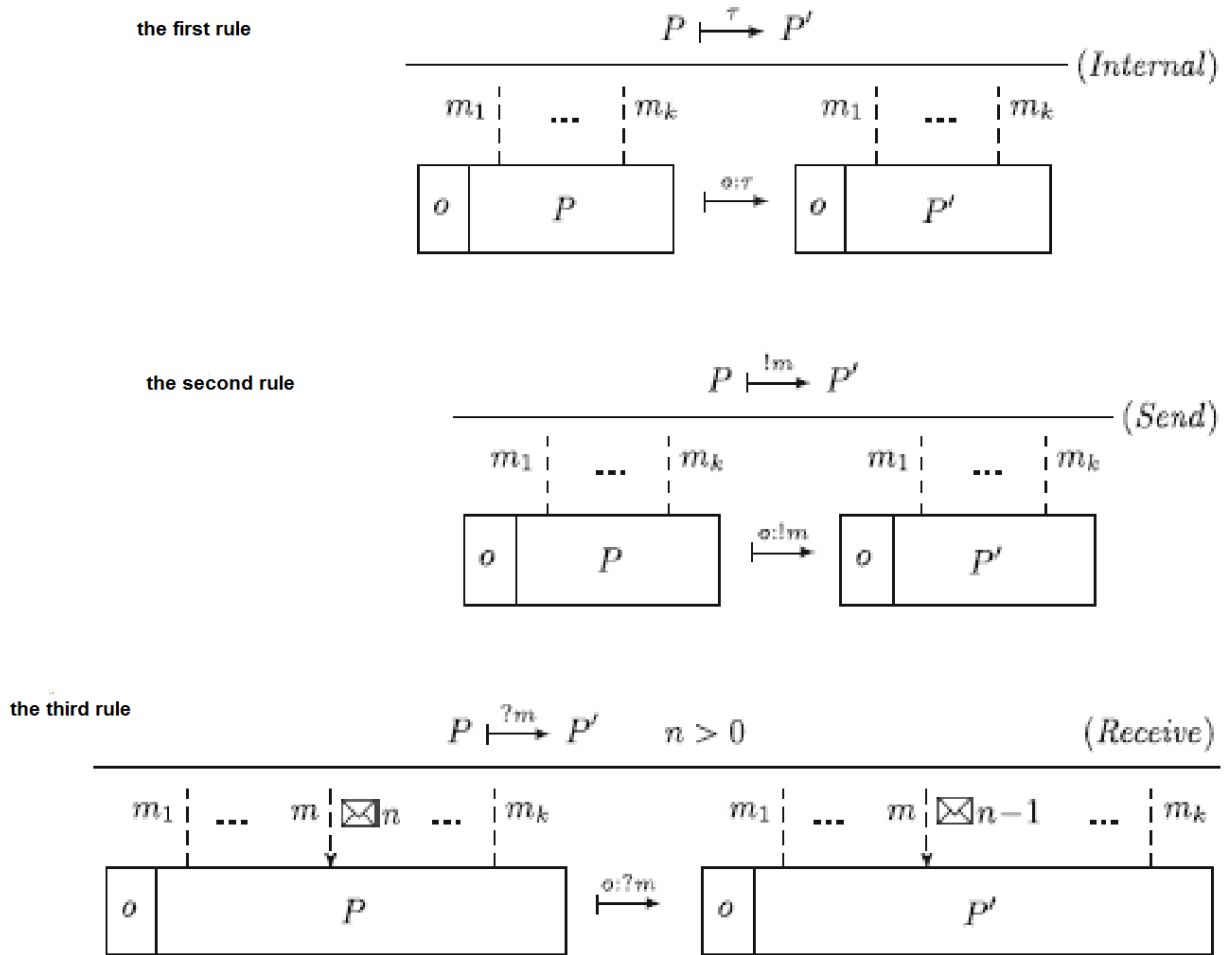


FIGURE 3.2 – Sémantique opérationnelle BPMN : acheteur collaboration.

$(o : \tau)$ $(o : !m)$ 1re et 2ime rgle.

La règle de recevoir (*ruleReceive*) ne peut être appliquée, que s'il y a au moins un ($n > 0$) message m mis en file d'attente dans le bord de message correspondant de la piscine(pool). Un jeton de message est consommé par cette transition, représenté par la transition($o_1 \rightarrow o_2 : m$).

Les règles suivantes représentent deux pools effectuent l'action correspondante à la couche de collaboration.

— La règle *Deliver*, exprime qu'une organisation o_1 envoie un message m (représenté

par une transition étiquetée par $o_1 !:m$, ce message est correctement transmis à l'organisation destinataire o_2 .

- La règle *SKip*, exprime qu'une organisation o_1 envoie un message m et si l'organisation o_2 n'a pas de bord de message étiqueté par m , c'est à dire o_2 n'est pas censé recevoir le message m , aucune interaction entre o_1 et o_2 .
- Les règles *Interleaving*, permettent d'entrelacer l'exécution des actions effectuées par les pools de la même collaboration, de sorte que si une partie d'une plus grande collaboration évolue, l'ensemble, la collaboration évolue en conséquence.

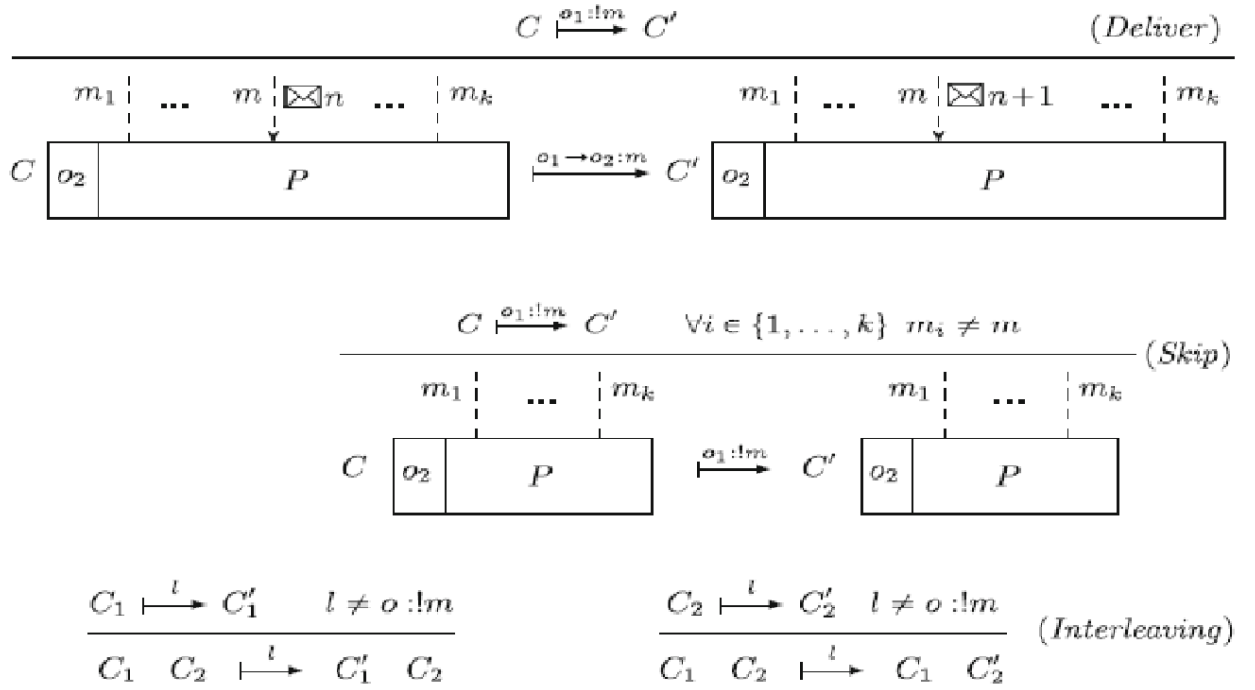


FIGURE 3.3 – Sémantique opérationnelle : couche collaboration.

Les règles de la figure 3.4 sont des axiomes qui produisent des transitions étiquetés $(-\tilde{e}_1, +\tilde{e}_2)$. Ces règles traitent les constructions de flux de contrôle, les événements et les gateways. L'effet de ces règles est simplement modifiées le marquage du processus, déplacer les jetons de flux de travail entre les bords.

- L'effet de la règle *XorSplit* est de consommer un jeton de la bord entrant \tilde{e}_1 de

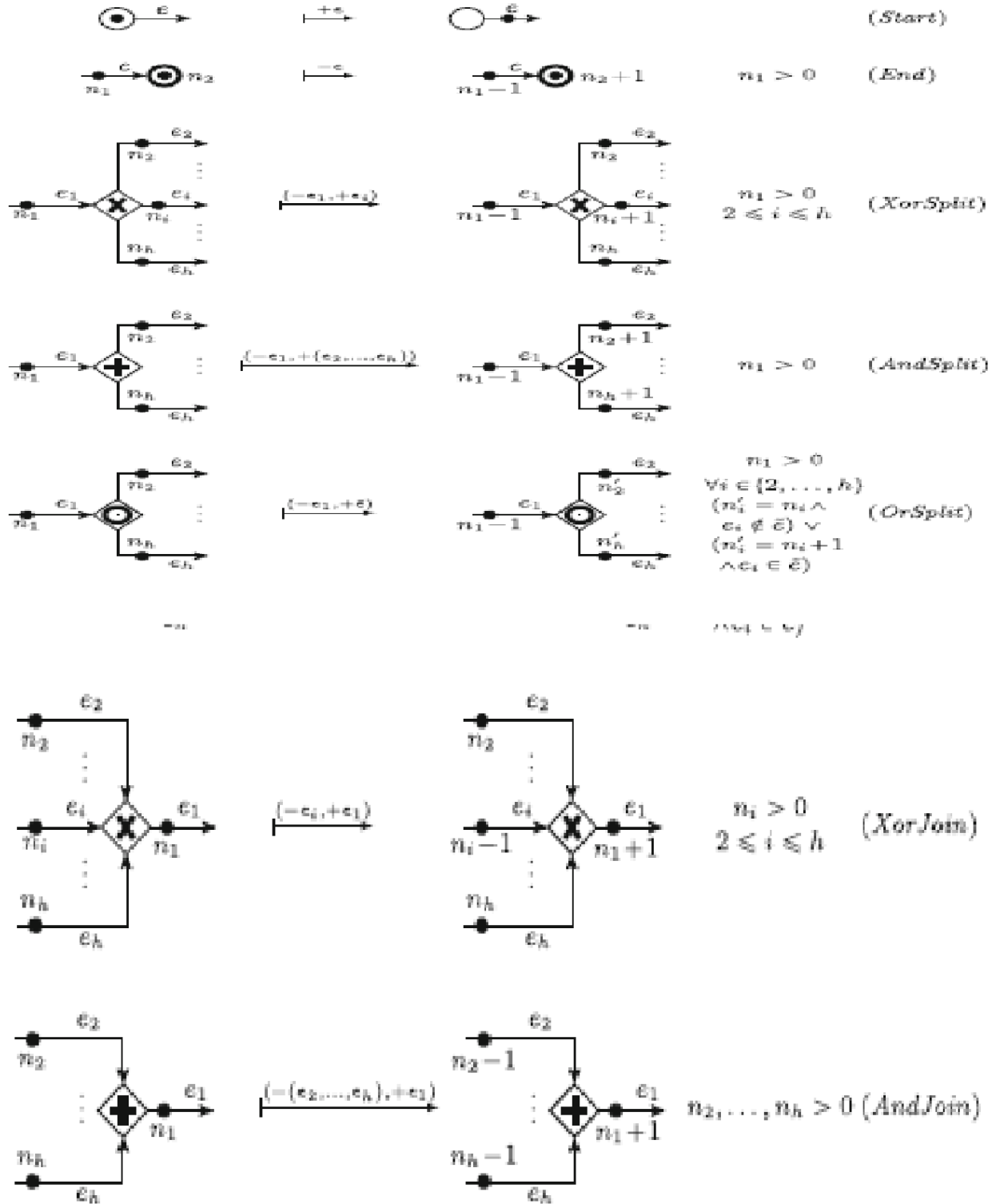


FIGURE 3.4 – Sémantique opérationnelle BPMN : constructions de gateway.

la passerelle XOR et pour ajouter un jeton à chaque bord sortant choisir (selon la condition), la transition étiquette est $(-\tilde{e}_1, +\tilde{e}_i)$. ($2 \leq i \leq h$ (i sont les bords de sortie sélectionnées)).

- L'effet de la règle *AndSplit* est de consommer un jeton de la bord entrant e_1 de la passerelle AND et pour ajouter un jeton à chaque bord sortant, la transition est étiqueté par $(-\tilde{e}_1, +(\tilde{e}_2, \dots, \tilde{e}_h))$.
- L'effet de la règle *AndJoin* est de consommer un jeton à chaque bord entrant e_1 de la passerelle AND et pour ajouter un jeton à bord sortant, la transition est étiqueté par $(-(\tilde{e}_2, \dots, \tilde{e}_h), +\tilde{e}_1)$.

Les règles de la Figure 5 sont consacrées à l'évolution des tâches. Lorsqu'une tâche est activée.

- (*rgle Enable1*), un jeton de son bord entrant est consommé et placé à gauche du nom de la tâche pour indiquer l'état de départ de la tâche.
- (*rgle Enable 2*, *rgle Enable 3*), la tâche est activée s'il y a un jeton placé dans le rectangle de la tâche ou sur ses bords de message ; cela signifie que des exécutions parallèles de la même tâche ne sont pas autorisés.
- (règle *send1, receive1*), lorsqu'un bord de message est marqué par un jeton, l'action d'envoi ou de réception correspondante est effectuée, le jeton est déplacé vers le bord suivant, ou en haut du nom de la tâche (règles *Send2* ou *Receive2*).
- (règle *Complete*) : lorsque tous les messages sont traités, l'exécution de la tâche est notifiée et le nombre des jetons sur le bord sortant sont augmentés dans (règle *Complete2*).

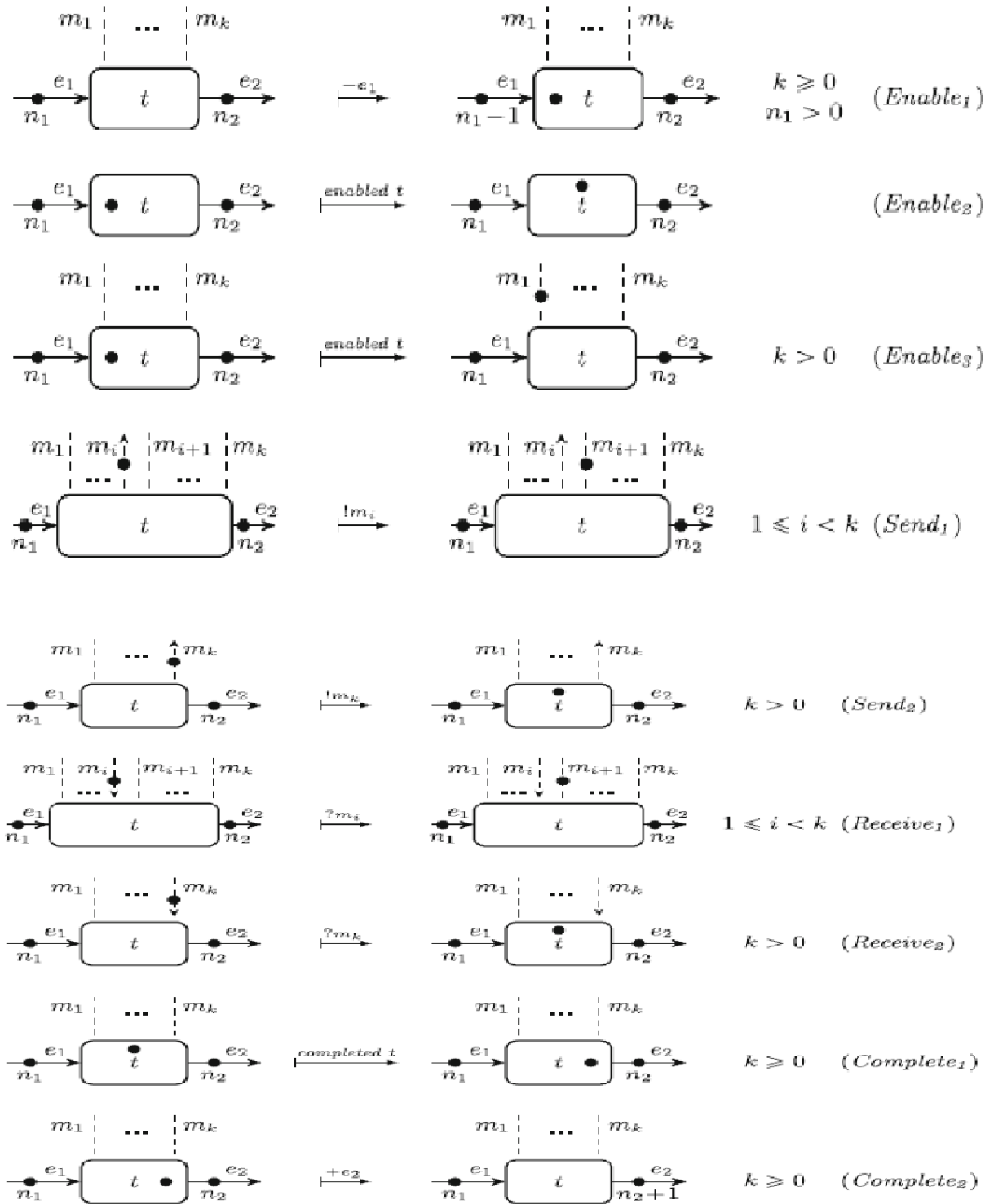


FIGURE 3.5 – Sémantique opérationnelle : constructions de task

3.8 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté le travail de corradini et al(?), dans ce travail une sémantique formelle est proposée pour la notation BPMN, elle permet aux concepteurs de spécifier librement leurs processus avec une topologie arbitraire soutenant le respect de la règle, sans besoin de définir des modèles bien structurés. La formalisation proposée permet de vérifier les propriétés sur le modèle utilisant des techniques de vérification formelle basées sur STE.

Chapitre 4

Vers une extension de la sémantique formelle de Corradini

4.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous proposons une extension des travaux de de Coradini et al. développé dans la cadre du chapitre trois. Notre extension porte sur la formalisation des éléments BPMN suivants : Les événements Timer, l'activité Loop, l'activité multi-instance et l'activité compensation.

4.2 Extension de la syntaxe de BPMN

La syntatxe définie dans le chapitre précédent à été étendue pour prendre en charge les éléments BPMN : événements Timer, l'activité Loop, l'activité multi-instance et l'activité compensation.

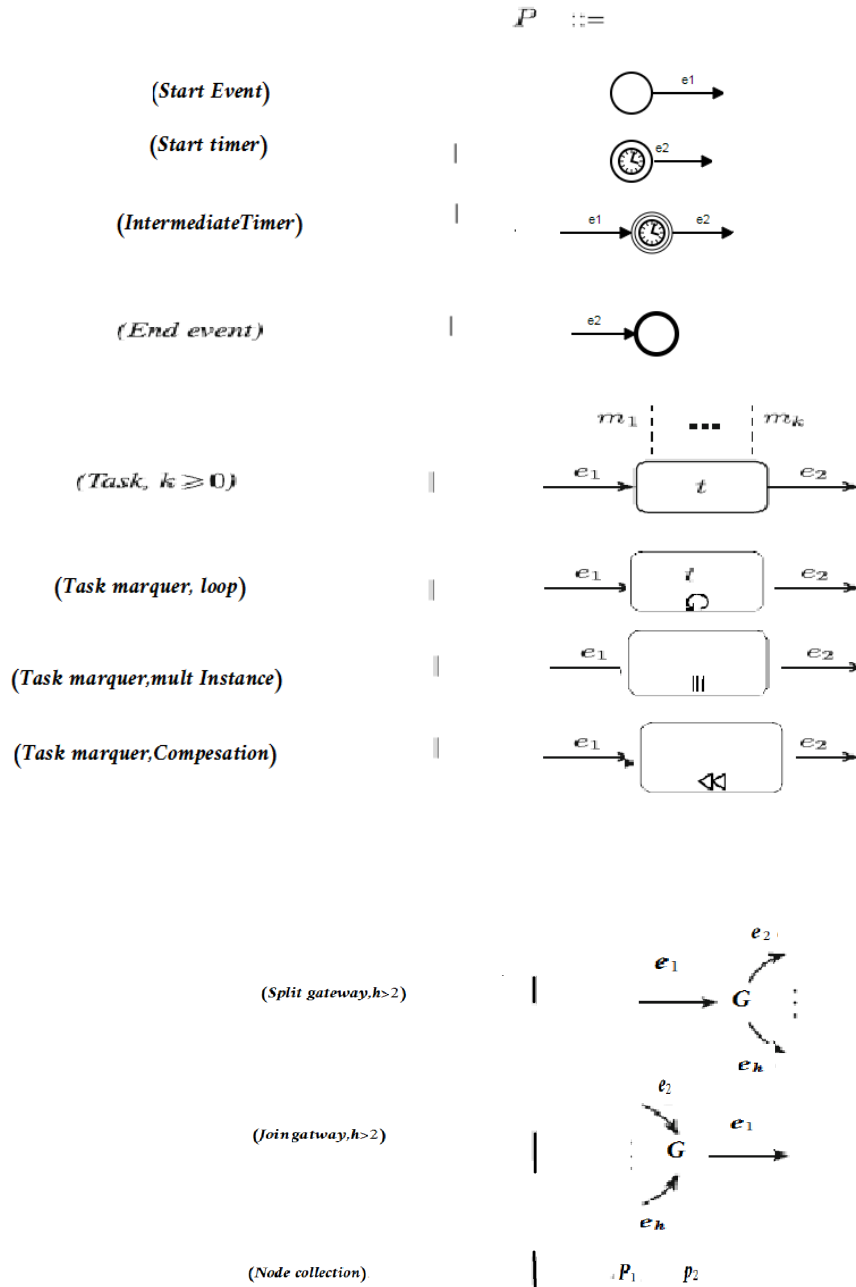


FIGURE 4.1 – Syntaxe BPMN.

4.3 Sémantique opérationnelle

Dans cette section nous développons la sémantique opérationnelle des expressions syntaxiques définie dans la cadre de syntaxe de la figure 4.1.

4.3.1 Évènement Timer

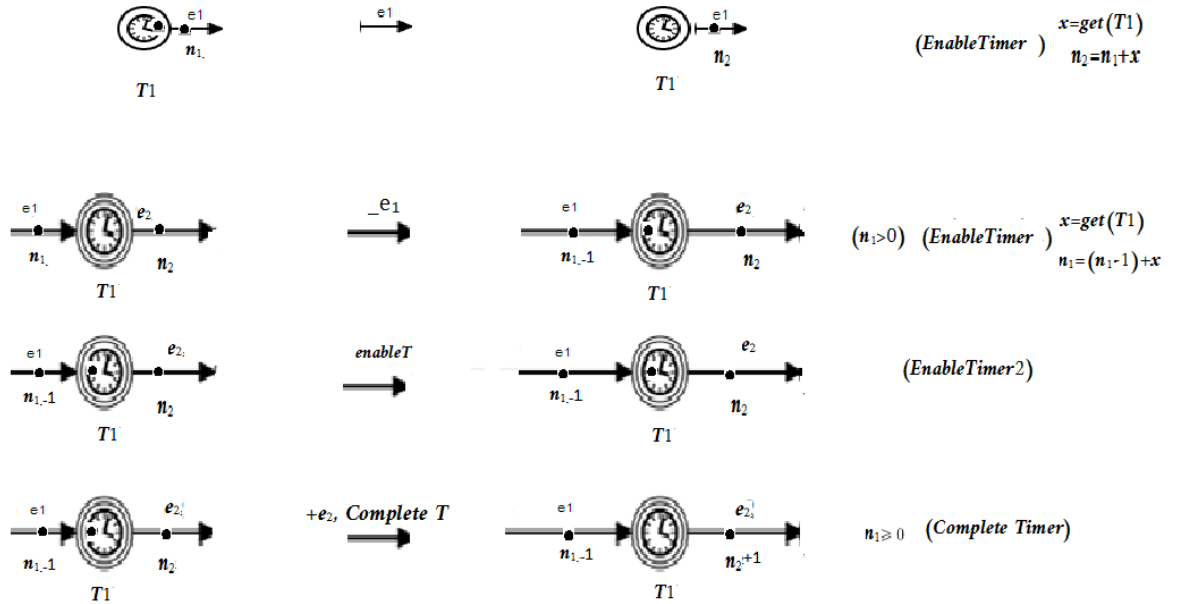


FIGURE 4.2 – la sémantique opérationnelle(évent constructs).

La règle EnableTimer, dans la figure 4.2 traite des constructions de flux de contrôle d'évènement, utilisé pour démarrer périodiquement des activités. Elle produit la transition étiquetée du formulaire $(+\tilde{e})$. Signifie que l'effet de cette règle est de modifier le marquage du processus. Ajouter x jetons à l'arc sortant, et x représente le temps de l'élément Timer.

La règle Enable intermédiaire Timer : produit la transition étiquetée du formulaire $(-\tilde{e})$, ça signifie que l'effet de cette règle est de modifier le marquage du processus, consommer un jeton à l'arc entrant, et active l'évènement si Le temps n'est pas écoulé.

La règle Complète intermédiaire Timer produit la transition étiquetée du formulaire $(+\tilde{e})$,

cela signifie que l'effet de cette règle est de modifier le marquage du processus, ajouter un jeton à l'arc sortant si le temps écoulé ou dépasse le temps d'attente T.

4.3.2 Activité loop

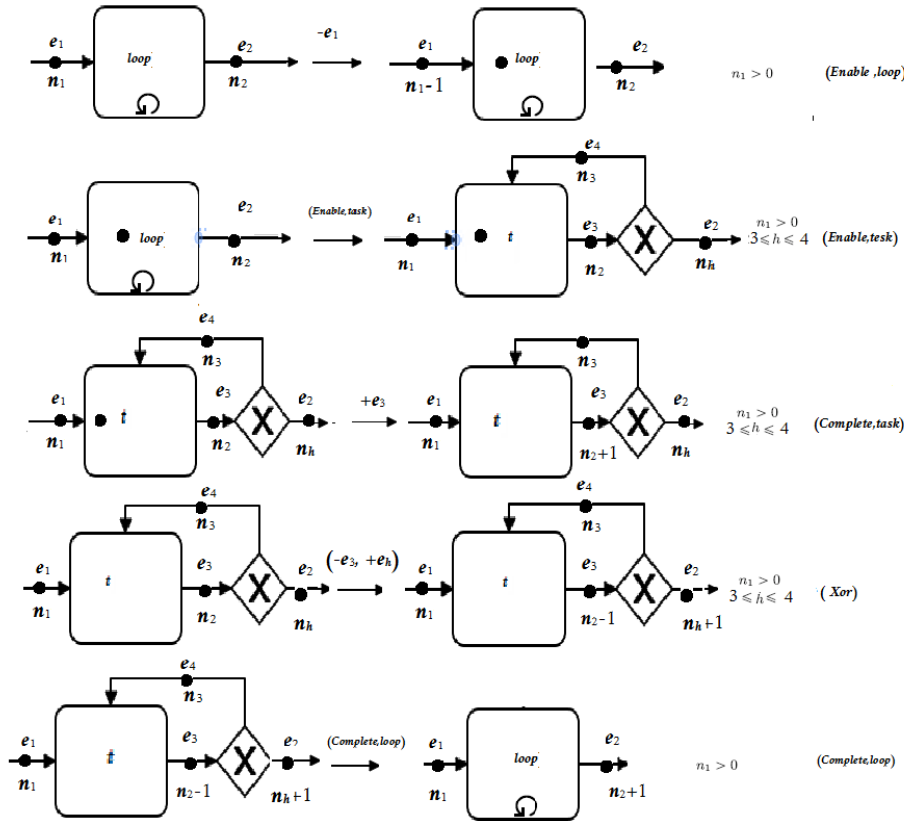


FIGURE 4.3 – Sémantique opérationnelle pour l'activité loop.

La règle Enable task loop est une action répétitive, elle produit la transition étiqueté du formulaire $(-e)$, cela signifie que l'effet de cette règle est de modifier le marquage du processus, consommer un jeton à l'arc entrant et activer la règle task loop. Elle est exécuté tant que la condition est vraie.

La règle Complète task loop produit la transition étiqueté du formulaire $(+e)$, cela signifie que l'effet de cette règle est de modifier le marquage du processus, ajouter un jeton à l'arc sortant si la condition est fausse.

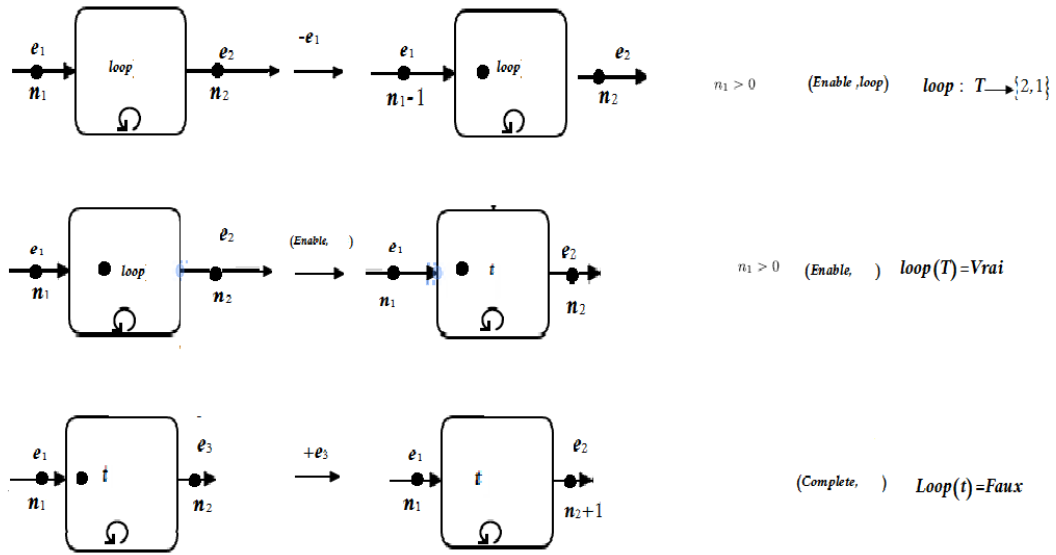


FIGURE 4.4 – Sémantique opérationnelle l'activité loop (suite).

4.3.3 Activité Multi-Instance

La règle Enable multi-instance, elle produit la transition étiqueté du formulaire $(-\tilde{e})$. signifie que l'effet de cette règle est de modifier le marquage du processus, consommer un jeton à l'arc entrant, et active la règle task multi instance, c'est une action répétitive dont les instances s'exécutant en parallèle, elle fais de multiples « copies » de la tâche peuvent se produire en parallèle.

La règle Complète task marker, multi instance produit la transition étiqueté du formulaire $(+\tilde{e})$, cela signifie que l'effet de cette règle est de modifier le marquage du processus, ajouter un jeton à l'arc sortant si l'action est terminée.

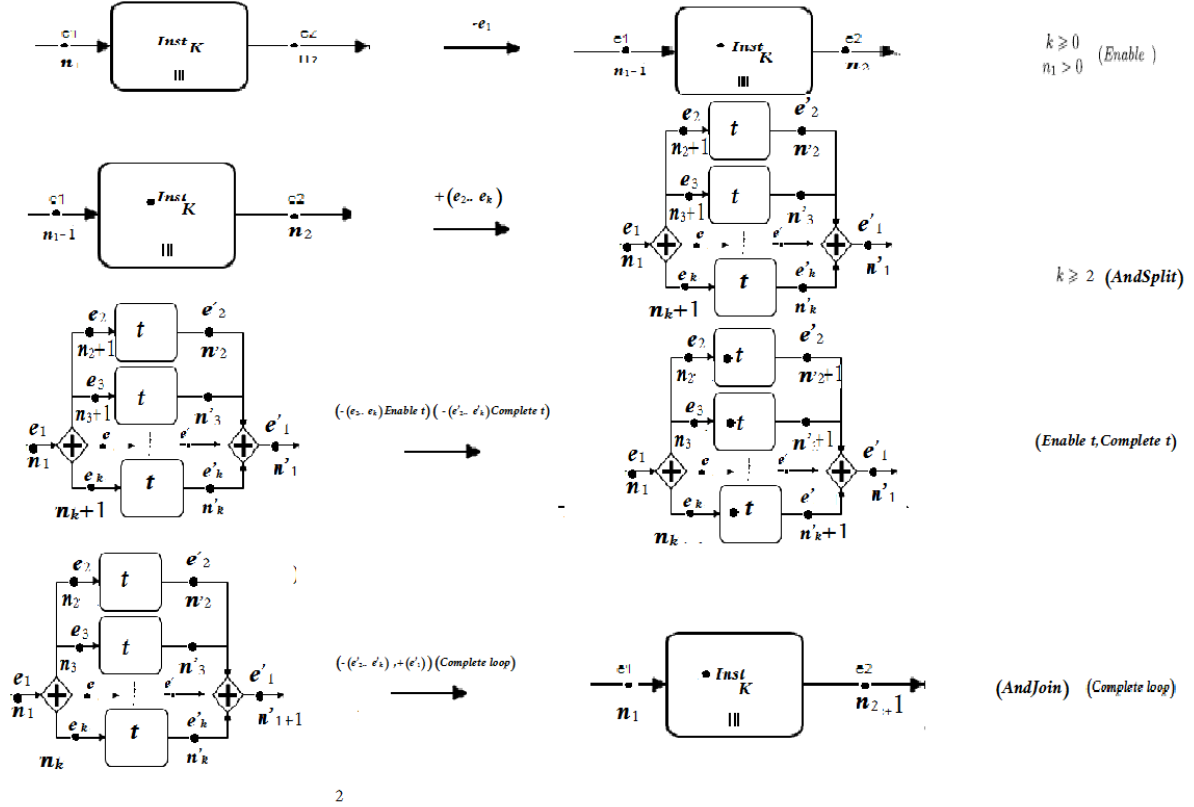


FIGURE 4.5 – Sémantique opérationnelle multi-instance.

4.3.4 Activité Compensation

La règle Enable task marker, compensation produit la transition étiqueté du formulaire $(-\tilde{e})$, cela signifie que l'effet de cette règle est de modifier le marquage du processus, consommer un jeton à l'arc entrant et activer la règle task compensation qui représente une tâche de compensation en réaction à une activité à récupérer dans le cadre d'une transaction échouée. Cette tâche spéciale qui n'est exécutée que lorsqu'une autre tâche est annulée.

La règle Complète task marker, compensation, elle produit la transition étiqueté du formulaire $(+\tilde{e})$, signifie que l'effet de cette règle est de modifier le marquage du processus, ajouter un jeton à l'arc sortant, si l'action est terminée.

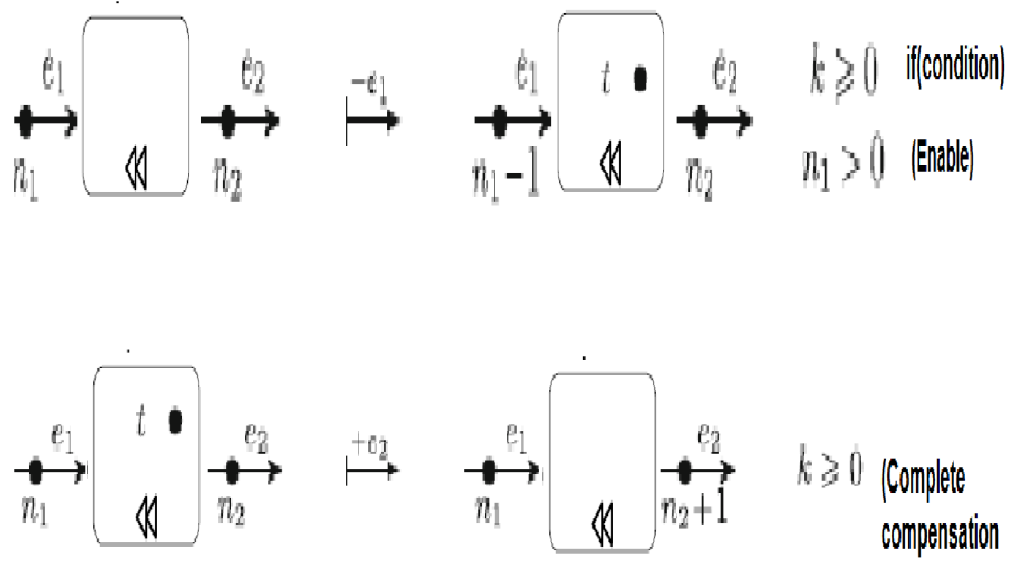


FIGURE 4.6 – la sémantique opérationnelle(tesk markers,compensation).

4.4 conclusion

Dans ce chapitre nous avons proposés une sémantique formelle pour les éléments : Les événements Timer, l'activité Loop, l'activité multi-instance et l'activité compensation.

Notre approche s'inspire des travaux de Coradini et al.

Chapitre 5

Conclusion et perspectives

Dans le cadre de ce travail, nous nous sommes intéressés à la formalisation de la notation BPMN 2.0(BUSINESS PRECESS MODILING AND NOTATION). Dans un premier lieu nous avons présenté de manière détaillée les différents diagrammes BPMN, ainsi les éléments de base de cette notation. Ensuite, on a développé la syntaxe et la sémantique formelle proposées par Corradini et al. L'idée est basée sur la notion de distribution du marquage des jetons.

Notre contribution consiste à proposer une sémantique formelle pour d'autres éléments BPMN en s'inspirant du travail de Corradini et al.

Pour les travaux futures nous proposons d'enrichir ce travail en étudiant d'autre éléments BPMN.

Conclu/ref.bib

Bibliographie

- [1] Gérard SCALLON. *L'évaluation formative des apprentissages*. T. 2. Presses Université Laval, 1988.
- [2] Patrice BRIOL. *Bpms-L'automatisation des processus métiers*. Lulu. com, 2014.
- [3] Mario GCA CIMINO et al. « Evaluating the impact of smart technologies on harbor's logistics via BPMN modeling and simulation ». In : *Information Technology and Management* 18.3 (2017), p. 223-239.
- [4] Julien DA COSTA. « BPMN 2.0 pour la modélisation et l'implémentation de dispositifs pédagogiques orientés processus ». Thèse de doct. University of Geneva, 2014.
- [5] JIHED AMINE MAARREF. « ÉVALUATION DES SYSTÈMES DE GESTION DE RÈGLES ET DE FLUX DE TRAVAIL POUR LA CHAIRE DE LOGICIEL LIBRE-FINANCE SOCIALE ET SOLIDAIRE ». In : (2010).
- [6] Marcial Garcia ROJO et al. « Implementation of the Business Process Modelling Notation (BPMN) in the modelling of anatomic pathology processes ». In : *Diagnostic pathology*. T. 3. 1. BioMed Central. 2008, p. 1-4.
- [7] Eddie SOULIER, Myriam LEWKOWICZ et Nicolas COROUGE. « Gestion des processus métier et travail collaboratif ». In : *Akoka, J., Comyn-Wattiau, I., Favier, M., Pre-ICIS workshop on Process Management and Information Systems, Washington DC*. 2004.

- [8] Sadok LANANI. « Une approche BPM (Business Process Managment) par composition d'applications dans le cloud computing ». Thèse de doct. Université Mohamed Khider-Biskra, 2015.
- [9] CHAIF LAMIA. « Thème ». In : *Les glissements de terrains (Cilic de la ville de Constantine) en 2D et 3D Étude Comparative entre Flac et Plaxis* (2008).
- [10] Sandra BRAMAN et Akiba A COHEN. « Research from start to finish ». In : *Annals of the International Communication Association* 13.1 (1990), p. 511-518.
- [11] Jocelyne ARQUEMBOURG. *L'événement et les médias : les récits médiatiques des tsunamis et les débats publics, 1755-2004*. Archives contemporaines, 2011.
- [12] Blaise FYAMA et Ruphin NYAMI. « Une approche basée sur les réseaux Pétri pour la vérification et la validation formelle des modèles de processus métier dans les entreprises congolaises ». In : (2018).
- [13] Pierre BOUDON. « La question du genre comme noeud de relations sémantiques ». In : *Actes Sémiotiques* 114 (2011).
- [14] Blaise FYAMA et Ruphin NYAMI. « Une approche basée sur les réseaux Pétri pour la vérification et la validation formelle des modèles de processus métier dans les entreprises congolaises ». In : (2018).
- [15] Sylvie CAPITANT. « Les médias en afrique subsaharienne : une approche en termes d'usages ». In : *Recherches en communication* 26 (2006), p. 63-79.
- [16] Paul TEMPLE. « The University Couloir : Exploring Physical and Intellectual Connectivity ». In : *Higher Education Policy* (2021), p. 1-17.
- [17] Olivier BARRETEAU. « Modèles et processus de décision collective : entre compréhension et facilitation de la gestion concertée de la ressource en eau ». Thèse de doct. Habilitation à Diriger des Recherches, spécialité Informatique, Université ..., 2007.

- [18] Grégory ZACHAREWICZ. « Transformation de modèles, approche sémantique & simulation–contribution à l’interopérabilité des systèmes d’entreprises ». Thèse de doct. Université de Bordeaux, 2014.
- [19] Michael MARISSA. « Médiation Sémantique Orientée contexte pour la composition de services Web ». In : *Doctorat de l’Université Claude Bernard Lyon I-Spécialité informatique-(le 15 Novembre 2007)* (2007).
- [20] Saoussan ZELIT. « Modélisation d’un système d’agent mobile par les ECAT-Nets ». Thèse de doct. 2008.
- [21] Nadjet KAMEL et Yamine AIT-AMEUR. « Modèle formel général pour le traitement d’interactions multimodales ». In : *IHM*. T. 4, p. 219-222.