

Génération

de

Cartographie de processus

III.1. INTRODUCTION

Comme expliqué au Chapitre I, l'amélioration du niveau de maturité d'une organisation peut être semée d'embûches. Ce chapitre s'est fixé l'objectif de **présenter un outil d'accompagnement pour l'utilisateur lorsqu'il fait face à la première difficulté dans sa quête ; à savoir l'obtention d'une cartographie de processus** d'après la proposition d'enchaînement des objectifs faite au Chapitre II. En effet, la modélisation est une étape coûteuse, longue, mais essentielle pour pouvoir exécuter un processus sur des logiciels dédiés ; les Business Process Management Softwares (BPMS) (Claes et al. 2015). Malgré l'aide apportée par certains outils intégrés aux BPMS, comme le Process Mining (van der Aalst 2016) ou bien les outils de contrôle d'exactitude et de conformité des modèles (Dumas et al. 2013), la courbe d'apprentissage pour concevoir ses processus est conséquente (Hornung, Koschmider, et Lausen 2008). Une solution pour rendre l'étape de modélisation des processus plus intuitive et accessible devient primordiale. Les BPMS ont besoin d'être complétés par des fonctionnalités de génération de processus conformes, certifiables et facilement informatisables.

Ce chapitre vise à accompagner technologiquement les utilisateurs dans l'initiation de leur démarche BPM. Les résultats du Chapitre II définissent cette étape comme la succession de deux objectifs : (1) identifier les objectifs et les ressources impliquées, internes à l'entreprise (section III.1.1), mais aussi externes (section III.1.2) puis (2) formaliser les processus de la cartographie générale de l'entreprise (section III.1.3).

III.1.1. Processus spécifiques : les règles internes

On estime que les organisations ayant une bonne maturité BPM ont consacré plus de 40 % du temps total du projet à la modélisation de leur premier processus opérationnel (Harmon et Wolf 2016). En effet, les outils dédiés à la modélisation de processus ne sont pas encore des générateurs de modèles, à l'exception des outils de *Process Mining* dédiés aux utilisateurs ayant une trace informatisée du séquençement de leurs actions (Van der Aalst, Mylopoulos, et al. 2009). Par conséquent, les entreprises qui investissent dans un outil de

modélisation, espérant que cela les aidera à mettre en œuvre leur approche BPM, devront encore faire face à une étape longue et complexe de modélisation des processus avant d'obtenir leur cartographie (Claes et al. 2015; Meidan et al. 2017).

Les progrès technologiques du XXI^e siècle ouvrent de grandes possibilités pour accompagner la modélisation (Indulska et al. 2009). Il est, par exemple, envisageable d'informatiser l'interview d'une entreprise servant à collecter la description de **règles internes** qu'elle souhaite appliquer, puis de se servir de ces informations pour générer une cartographie de processus spécifique à l'entreprise, en utilisant par exemple des concepts comme le *Natural Language Processing* (Khurana et al. 2017).

III.1.2. Conformité des processus : les règles externes

À une époque où les certifications sont un gage de qualité pour les parties prenantes (Baker 2006), les industries se dirigent de plus en plus vers l'intégration des exigences de ces règles externes directement dans leur cartographie de processus. Le fait de rester compétitif et d'obtenir des certifications a principalement amené les processus des entreprises à atteindre un certain niveau de complexité, rendant l'étape de modélisation trop complexe (Governatori et al. 2011; Vernadat 1996) pour être réalisée par quiconque, comme elle le fut autrefois. Les industries ont besoin de conseils d'experts, pour intégrer ses règles externes à leurs processus existants.

Avec les progrès technologiques du début du 21^e siècle, dans le domaine de l'intelligence artificielle, notamment dans le domaine du traitement de la vérification de la conformité, il est concevable d'accompagner les utilisateurs dans l'obtention de leur cartographie de processus pour qu'elle soit conforme à ces **règles externes** (Koschmider et al. 2014).

III.1.3. Cartographie

Les contraintes d'une entreprise sont donc à la fois internes et externes à l'organisation. Une cartographie satisfaisante est une cartographie simultanément conforme à toutes ses contraintes. La cartographie de processus d'une organisation doit être capable de les concilier, ou a minima de relever les incompatibilités entre les différentes règles (internes et/ou externes).

III.1.4. Ambition des travaux

Ce chapitre présente **l'accompagnement des utilisateurs dans l'obtention de leur cartographie de processus respectant des règles internes et externes**. La section III.2 identifie tout d'abord les solutions outillées existantes pour accompagner la modélisation, en mettant en avant leurs limites et introduisant la nécessité d'employer des méthodes d'ingénierie dirigée par les modèles (IDM) pour accompagner l'utilisateur. La section III.3 revient sur la théorie de l'IDM. La section III.4 détaille notre propre enchaînement de transformations de modèles pour obtenir une cartographie de processus spécifique et conforme.

III.2. TRAVAUX TRAITANTS DE L'ACCOMPAGNEMENT LORS DE LA MODELISATION

Avec le nombre croissant d'entreprises ayant une stratégie BPM complète depuis les années 1990, la conception de processus est rapidement devenue un sujet de recherche central (Hashmi et al. 2018). Il existe plusieurs catégories de recherches se penchant sur la problématique de la conformité des processus dont les approches de conception (dès les premiers stades de la conception du processus), et les approches d'exécution (lorsque les processus sont en cours d'exécution). Étant donnée l'approche étudiée au Chapitre II, **notre proposition s'intéresse uniquement aux problématiques de conformité au moment de la conception**. Cette section identifie les différents outils d'accompagnement à la modélisation présents dans la littérature.

SemTech BPM (Semantic Technology in Business Process Modeling) a été créé pour servir de base de discussion commune sur la conception de processus métier. (Kluza et al. 2013) identifient deux composantes d'un processus : syntaxique (la structure) et sémantique (le sens). Il est important d'accompagner le concepteur de processus le long de ces deux composantes.

III.2.1. Etat de l'art

III.2.1.1. Outils de contrôle d'exactitude et de conformité

(Fellmann et al. 2015) décrivent différents courants de recherche pour aider à la modélisation. Parmi ceux-ci, les outils de contrôle d'exactitude et de conformité consistent à valider les propriétés techniques des modèles, telles que l'absence de blocages. Cette méthode n'assiste pas la modélisation puisqu'elle intervient à la fin du temps de modélisation. Néanmoins, elle évite de faire des erreurs de syntaxe.

III.2.1.2. Autocomplétion syntaxique

En 2007, supporter la conception de diagrammes médicaux est devenu possible avec DiaGen, grâce à sa fonction d'autocomplétion de modèles. (Mazanek et Minas 2009) décrivent comment cette approche peut être appliquée au langage BPMN. Une telle fonctionnalité permettrait de compléter progressivement un processus à l'aide de structures à sélectionner parmi une bibliothèque. (Van der Aalst, Hofstede, et al. 2009) fournissent la description de 20 fragments de workflow qui pourraient former cette bibliothèque : du séquençement linéaire à la parallélisation complexe. Bien que (Börger 2012) explique que ces structures ne peuvent suffire pour formaliser des processus métier, cette méthode a prouvé son applicabilité puisqu'elle a déjà été intégrée aux éditeurs comme présenté par (Koschmider, Hornung, et Oberweis 2011).

III.2.1.3. Réutilisation de processus partiels

Depuis les débuts de l'approche processus, de nombreux modèles ont été conçus, répondant chacun à des problématiques bien spécifiques. Le monde de la recherche cherche donc à les réutiliser partiellement pour en concevoir de nouveaux ayant des problématiques similaires (Fellmann et al. 2014). (Lau et al. 2009) proposent un premier algorithme pour découvrir et analyser les occurrences de structures dans les processus métiers. (Koschmider et Reijers 2013) et (Thom 2006) démontrent l'applicabilité de l'extraction de structures en présentant les résultats obtenus à partir de près de 200 modèles de processus métiers. Ces parties du modèle peuvent être stockées dans un référentiel et ensuite être trouvées à l'aide de balises décrivant le but du processus tel que proposé par (Hornung, Koschmider, et Lausen 2008).

La réutilisation des processus métier n'est pas encore couramment utilisée. Comme indiqué par (Koschmider et al. 2014), ce manque d'enthousiasme est d'abord dû à la faible prise en charge de la réutilisation des modèles de processus par les outils de modélisation, mais aussi à la nécessité d'être assisté par un expert pour correctement intégrer ces structures à sa propre cartographie.

III.2.1.4. La génération de processus

En 2000, (R-Moreno, Borrajo, et Meziat 2000) présentaient une adaptation de la robotique et de la logistique militaire basée sur les techniques IA (intelligence artificielle) pour le domaine des moteurs de workflow. Par exemple, le Process Mining a prouvé son utilité en utilisant les journaux des événements pour générer des processus. De nombreux chercheurs ont, par la suite, mis au point de puissantes techniques d'exploration de procédés, mais très peu d'entre eux avaient déjà été testés sur des procédés réels (van der Aalst, Netjes, et Reijers 2007), et encore aujourd'hui, très peu de ces techniques sont intégrées pour appuyer la conception de processus.

III.2.1.5. Synthèse sur les outils existants

Depuis les années 2000, la conception des modèles de processus est devenue un sujet d'intérêt et divers outils informatisés ont été développés pour assister les utilisateurs dans la modélisation de leurs processus. Cependant, les outils existants aident principalement les utilisateurs à ne pas faire de fautes dans leurs modèles ou bien à réutiliser l'existant (modèles ou journaux d'évènements). À l'exception des outils de découverte automatique des processus (Gartner Glossary 2020), une branche du *Process Mining*, ils assistent donc peu les utilisateurs novices, peu familiers avec les langages et méthodes de modélisation de processus et faisant face à une page blanche. Malheureusement, le *Process Mining* ne s'adresse qu'à ceux qui souhaitent modéliser le fonctionnement existant de leur organisation, et par conséquent, ne permet pas de certifier un ensemble de règles désirées. Ces utilisateurs se tournent donc généralement, quand ils le peuvent, vers des experts de la modélisation. Ces experts cartographient, à partir d'échanges oraux avec l'industriel, le fonctionnement interne de l'entreprise. Ils conçoivent un modèle de cartographie à partir d'un ensemble d'informations transmises oralement. C'est pourquoi l'automatisation de l'étape de modélisation nous pousse à nous intéresser à l'ingénierie dirigée par les modèles : i.e. la génération de modèle à partir d'autres modèles.

III.2.2. Le projet MISE

Les différentes itérations du projet MISE (Benaben 2012) étudient l'informatisation des méthodes habituellement appliquées par les experts consultants de la modélisation : (1) obtention d'un modèle rassemblant les exigences processus internes (Rajsiri et al. 2010), (2) génération d'un modèle de processus à partir d'objectifs (Montarnal 2015; Mu 2012; Truptil 2011), d'ensemble de services et de données (Boissel-Dallier 2012) ou bien d'informations de charges et de capacités (Bidoux 2016), (3) implémentation des workflows découlant des modèles de processus ainsi conçus (Truptil 2011). Les travaux de (Macé-Ramète 2015) montrent l'applicabilité de ces travaux au domaine de la gestion de crise routière. L'émergence d'outils technologiques, tels que l'intelligence artificielle, ouvre des possibilités d'amélioration de la démarche en y intégrant les exigences provenant de règles externes pour améliorer la cartographie spécifique générée et la rendre conforme.

III.2.3. Objectifs

Faciliter la modélisation implique, d'une part, de soutenir l'étape de conception avec des méthodes suffisamment simples pour être compréhensibles par tout novice et, d'autre part, suffisamment complexes pour répondre à une grande variété de problèmes métier. Ces méthodes devraient éviter au designer de faire des erreurs syntaxiques (sur la structure) et sémantiques (sur le sens). Diverses recherches (Fellmann, Zarvic, et Sudau 2013) sur la conception de processus assistée par ordinateur ont été menées. Parmi elles, quelques-unes se sont concentrées sur la génération automatique d'une partie des processus, c'est le cas des travaux de (Bidoux 2016; Montarnal 2015; Mu 2012; Rajsiri et al. 2010). Ces travaux constituent le fondement du travail présenté dans ce chapitre qui présente un assistant capable de concevoir un processus à partir de la description des procédures internes.

Puisque MISE repose sur une démarche d'ingénierie dirigée par les modèles et permet d'obtenir une cartographie de processus implémentée grâce à une succession de transformations de modèles, la section III.3 explique la théorie de la transformation de modèle. La section III.4 présente un prototype orienté métier aidant les utilisateurs à obtenir une cartographie spécifique et conforme à partir de leur modèle de règles internes et externes. La section III.5 expose les limites de notre prototype et soulève quelques perspectives de recherche.

III.3. INGENIERIE DIRIGEE PAR LES MODELES

III.3.1. Modèles et Métamodèles

Un modèle est une abstraction d'un système **selon un point de vue** défini afin de répondre à des questions sur son fonctionnement réel (Jean Bézivin 2001; Seidewitz 2003). (Combemale 2008) souligne qu'un modèle doit être suffisant et nécessaire pour répondre à certaines questions comme l'aurait fait le système lui-même (principe de substituabilité).

L'OMG (pour Object Management Group) propose dans les années 2000 une approche dirigée par les modèles (Miller et Mukerji 2003) qui donnera naissance peu de temps après à l'Ingénierie Dirigée par les Modèles. L'IDM rassemble les outils, et langages permettant la création et la manipulation de modèles.

Les cartes routières, de relief et de climat de la France sont trois modèles différents d'un seul système : la France. Il peut exister une infinité de modèles pour représenter un unique système. Leur différence tient au point de vue adopté pour la représenter. Les éléments sémantiques d'un modèle représentant la France pourraient être : « Les carrés pour les villes, les pointillés pour les rivières et les triangles pour les forêts ». Les principes syntaxiques permettent d'associer ces éléments sémantiques entre eux : « les informations de densité doivent être placées sur des villes, la taille de la rivière est représentée grâce à l'épaisseur des tirets et la densité de la forêt est indiquée par l'intensité du vert ». Cet ensemble d'éléments syntaxiques et sémantiques constitue le métamodèle que le modèle utilise pour représenter le système réel. Un métamodèle est un modèle qui définit le langage utilisé pour exprimer un modèle (OMG 2002). On dit qu'un système *est représenté par* un modèle *conformément* à un métamodèle (J Bézivin 2004). Pour un modèle de processus orienté événement, nous avons choisi, dans le Chapitre II, d'utiliser le métamodèle BPMN.

III.3.2. Transformation de modèles

Il est possible de représenter un même système selon plusieurs points de vue et par conséquent par l'intermédiaire de différents modèles. Ces différents modèles ayant des concepts partagés, il est donc possible de transformer des informations respectant la syntaxe et la sémantique d'un modèle vers la syntaxe et la sémantique d'un autre.

Cependant, il est évident que l'ensemble des modèles d'un même système ne partage pas l'intégralité des informations du système. Sinon, il n'y aurait aucun intérêt à faire des représentations par point de vue. Ainsi, seules les informations faisant référence à des concepts utilisés par deux modèles peuvent être transformées entre ces deux modèles.

Le but des transformations modèles est de définir les mécanismes de « passage » d'un modèle à un autre. Autrement dit, le but d'une transformation de modèle est de concevoir un modèle cible à partir d'un (ou de plusieurs) modèle source (Benaben 2012). Une transformation d'un modèle source vers un modèle cible s'appuie sur les concepts partagés par leurs métamodèles : les éléments cibles peuvent être construits à partir des éléments sources. Il faut ensuite compléter cette connaissance partagée avec de la connaissance additionnelle (spécifique) pour obtenir un modèle cible complet. La Figure III.1 schématise le principe de transformation de modèle.

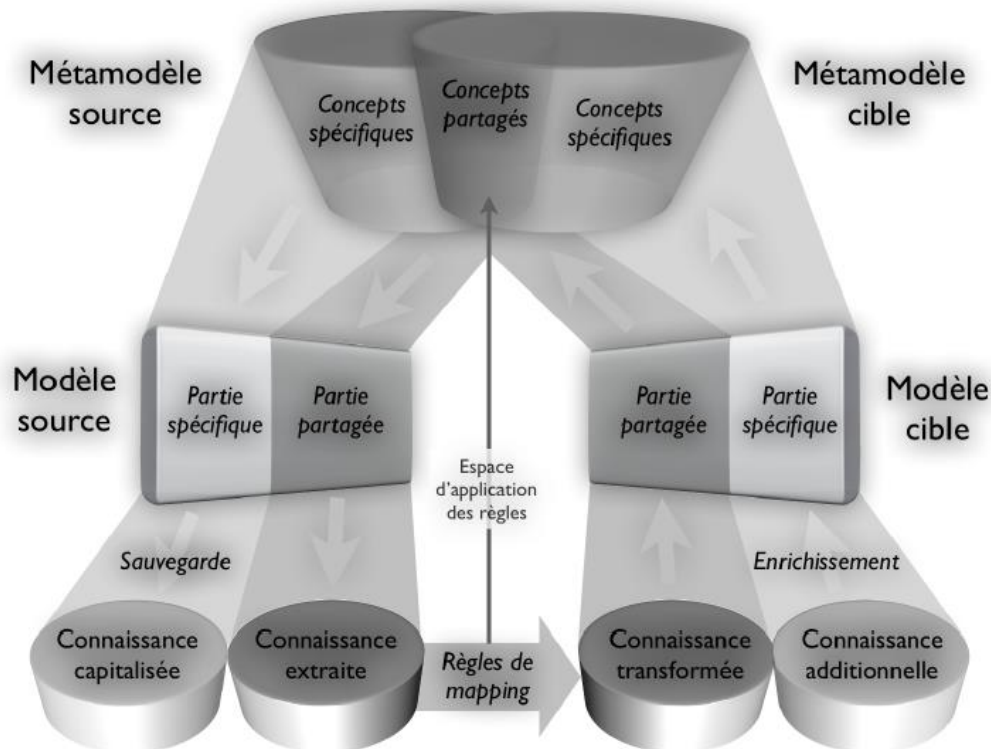


Figure III.1 — Schéma de principe de la transformation de modèles (Benaben 2012)

Le modèle source est ainsi constitué d'une partie partagée et d'une partie spécifique. La partie spécifique du modèle source fait référence aux concepts non partagés avec le modèle cible. En revanche, la partie partagée du modèle source participe, grâce aux mécanismes de transformations, à la génération de la partie partagée du modèle cible. Le modèle sera ensuite complété avec des éléments spécifiques, grâce à de la connaissance additionnelle apportée à la réflexion lors de la transformation.

La section suivante présente notre approche correspondant à un enchaînement de deux transformations de modèles.

III.4. LA METHODE UTILISEE POUR GENERER UNE CARTOGRAPHIE DE PROCESSUS A PARTIR D'UN ENSEMBLE DE REGLES INTERNES ET EXTERNES

Ce chapitre présente une fonctionnalité automatisant la génération de processus en utilisant le moins d'intervention humaine possible. Par conséquent, nous visons à informatiser la plus grande partie de ce qui est habituellement effectué manuellement. Une règle est un énoncé qui définit ou limite certains aspects de l'entreprise. Il est destiné à affirmer la structure, contrôler ou influencer le comportement de l'entreprise (Hinkelmann 2008). Afin de recueillir un maximum des besoins de l'utilisateur, la méthode devra débiter par une interview préalable de l'utilisateur afin qu'il (1) énonce les règles internes que son fonctionnement doit respecter et qu'il (2) énonce les règles externes qui doivent être appliquées.

Au cours d'une étude préalable, détaillée dans (Froger 2016), nous avons également adressé la problématique d'accompagner l'utilisateur pour la modélisation de processus. Ces travaux partent de l'hypothèse que les industriels savent décrire les compétences qu'ils ont à disposition et certaines de leurs séquencements. En effet, une entreprise représente généralement ses compétences opérationnelles sous la forme d'un tableau d'antécédence afin d'organiser et de suivre ses projets. Ces tableaux sont en général utilisés pour construire un diagramme PERT puis un Gantt (voir Figure III.2). Un diagramme de Gantt et un modèle de processus sont deux modèles représentant un même système : un projet est unique et adopte un point de vue objectif, il sert généralement à faire de la gestion de charge, un modèle de processus représente un séquencement d'activités ordonnées dans le but de concrétiser un ou plusieurs objectifs, il n'est pas limité par des jalons, mais par des événements. Puisque ces deux modèles sont constitués d'un ensemble de tâches séquencées les unes par rapport aux autres et puisque les industriels sont familiers avec le principe de liste d'actions à accomplir, nous avons défini une transformation de modèle permettant de générer un modèle de processus orienté événement à partir d'un modèle inspiré d'un diagramme de Gantt et que nous appelons un **modèle d'activités ordonnées**. Nous avons choisi d'appuyer notre approche sur ces résultats.

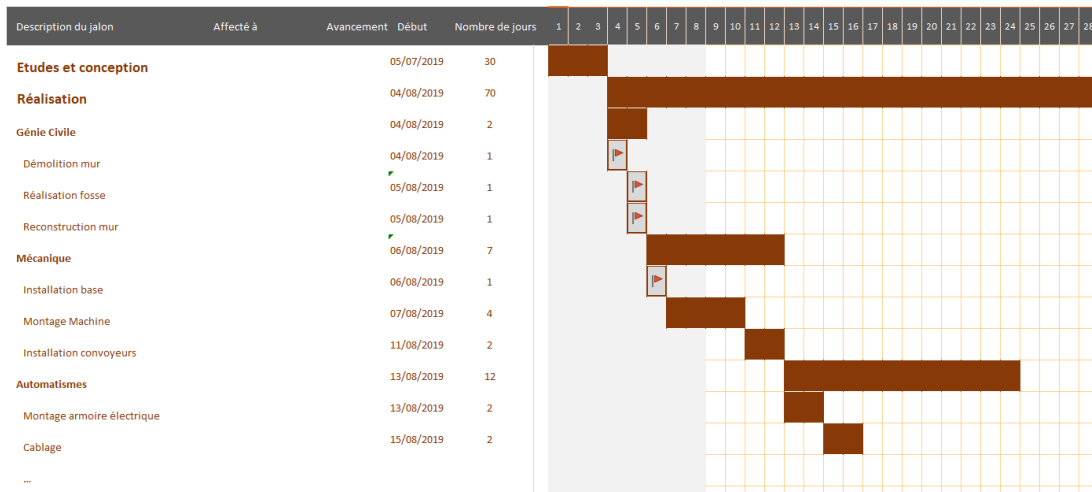


Figure III.2 — Diagramme Gantt

Pour compléter notre approche, nous avons décidé de concevoir une autre transformation permettant d'obtenir le modèle d'activités ordonnées à partir d'un modèle de règles rassemblant la totalité des règles internes et externes que la cartographie finale devra respecter. La Figure III.3 explique comment cette section s'articule. Les sections III.4.1 et III.4.2 présentent successivement les deux transformations de modèles permettant d'obtenir un modèle de cartographie de processus à partir d'un ensemble de règles.

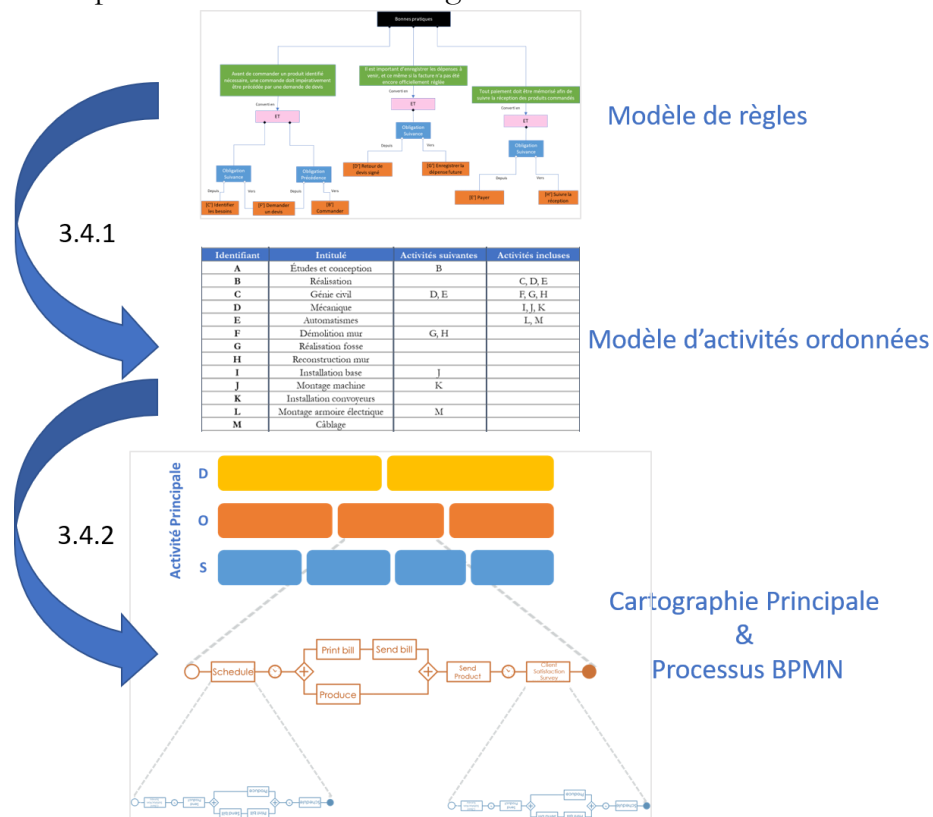


Figure III.3 — Méthodologie employée pour générer une cartographie de processus spécifique et conforme

III.4.1. 1^{re} transformation de modèles : d'un modèle de formalisation des règles vers un modèle d'activités ordonnées

Cette première transformation de modèle permet de générer un modèle d'activités ordonnées, nécessaire pour la deuxième transformation de modèle, à partir d'un modèle formalisant les règles internes et externes que l'utilisateur souhaite voir appliquées dans la cartographie finale. La Figure III.4 présente l'ordre dans lequel les éléments relatifs à cette première transformation de modèle sont présentés. Tout d'abord, les sections III.4.1.1 et III.4.1.2 présentent les métamodèles sources et cibles ainsi que des exemples de modèles respectant ces métamodèles. La section III.4.1.3 détaille la connaissance additionnelle qu'il sera nécessaire d'intégrer lors de la transformation de modèle qui est présentée en III.4.1.4.

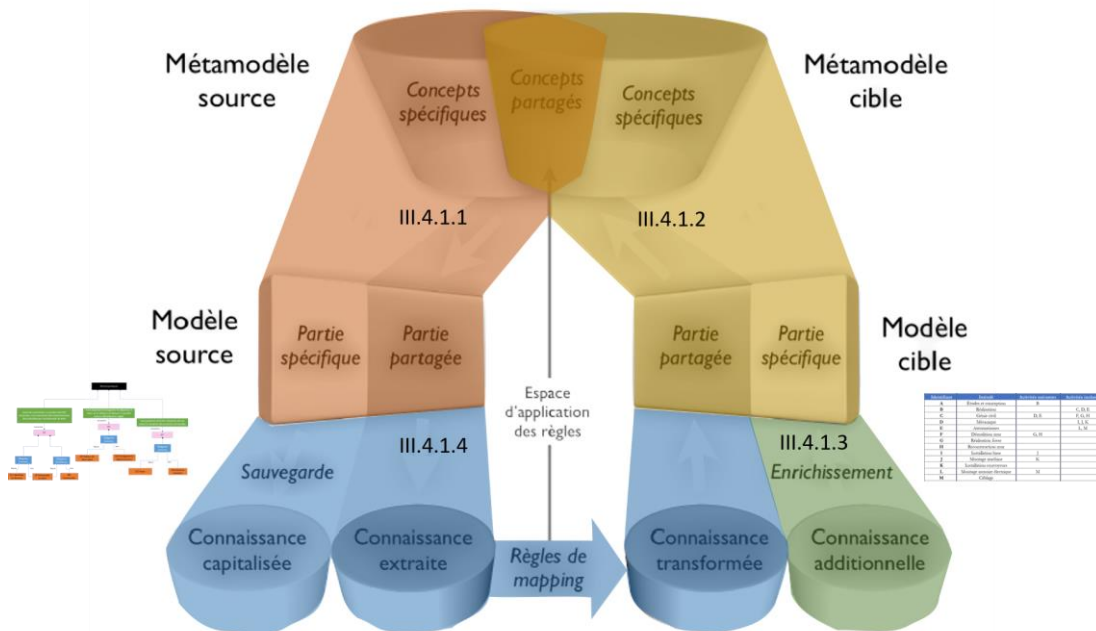


Figure III.4 — Sections traitant de la transformation d'un modèle de formalisation des règles vers un modèle d'activités ordonnées

III.4.1.1. Métamodèle Source : le modèle de formalisation des règles

Comme annoncé dans l'introduction de la section III.4, notre approche nécessite que nous recueillions d'abord des informations provenant à la fois de règles internes et externes. Ces règles peuvent être recueillies suivant le même métamodèle. En revanche, lors de leur application nous choisissons de les différencier ainsi : les règles externes doivent être respectées par la cartographie de

l'entreprise, alors que les règles internes devraient être respectées dans la mesure du possible. Ainsi, nous considérons plus important d'assurer le respect des règles externes avant celui des règles internes.

Les règles sont des spécifications très abstraites (El Kharbili et al. 2008), documentées et communiquées en langage naturel. Par conséquent, la conception d'un métamodèle de description des mesures de conformité constitue le premier défi du travail présenté. Le premier paragraphe de cette section résume les concepts qui accompagnent la description des règles.

III.4.1.1.1. Concepts nécessaires pour représenter une règle : État de l'art

L'état de l'art présente deux types de formalisation des règles (Elgammal et al. 2016) : (1) les approches logiques temporelles, formellement spécifiées par des formules logiques temporelles (Liu, Muller, et Xu 2007) telles que BPMN-Q (Awad, Decker, et Weske 2008), BPSL (Xu, Liu, et Wu 2008) et DecSerFlow (Van Der Aalst et Pesic 2006) et (2) les approches logiques déontiques, les concepts normatifs (obligations, les permissions et les interdictions (Sadiq, Governatori, et Namiri 2007) tels que le Business Contract Language (Governatori et Milosevic 2006) ou Process Entailment from the ELicitation of Obligations and Permission (Goedertier et Vanthienen 2006).

(Governatori 2014) explique que la logique temporelle ne convient pas à elle seule pour modéliser les normes et le raisonnement juridique et (Mazzarese 1991) démontre que la logique déontique ne fournit pas les outils logiques appropriés pour rendre compte de phénomènes juridiques comme la promulgation, la dérogation et les conflits entre normes juridiques qui reposent sur une validité juridique systémique. Par conséquent, le modèle que nous choisissons de développer pour définir les règles de conformité comprendra à la fois des notions de logique temporelle et déontique. (Goedertier et Vanthienen 2007) soulèvent l'idée de modélisation déclarative et (Van der aalst et al. 2011) examinent la faisabilité d'utiliser un vocabulaire commun pour intégrer les règles de conformité. La structure que nous envisageons est basée sur cette idée.

III.4.1.1.2. Vers un métamodèle d'exigence

Cette section détaille notre proposition de formalisation des règles à la fois internes et externes à une entreprise. La Figure III.5 représente la composante syntaxique de ce métamodèle grâce à un diagramme UML.

Les normes, les lois, les obligations culturelles sont *fournies* par des *ensembles de règles* et doivent être respectées individuellement. Les *règles* peuvent être *précisées* par d'autres *règles*. Par exemple, *l'ensemble de règles ISO-15288 fournit la règle suivante* : "L'organisation doit planifier et contrôler la conception et le développement du

produit". Cette règle est *précisée* par la *règle* : "Au cours de la planification de la conception et du développement, l'organisation doit déterminer les étapes de conception et de développement".

Afin de pouvoir appliquer une *règle* sur un processus, ou bien d'en vérifier la conformité, les *règles* doivent ensuite être *converties* en une *combinaison* équivalente d'*exigences processus*. Par exemple, la *règle* « Au cours de la planification de la conception et du développement, l'organisation doit déterminer les étapes de conception et de développement » est *convertie en l'exigence processus* suivante : « le processus de planification de la conception et du développement comporte une activité ou une suite d'activités ayant pour but de déterminer les étapes de conception et de développement ». Ainsi, il est possible d'appliquer, ou bien de vérifier, le respect d'une *exigence processus*.

Il est important de préciser ici que le modèle comporte la notion de *combinaisons* (ET ou OU), car nous prévoyons la possibilité de définir des alternatives d'interprétations ou bien la possibilité de devoir répondre à plusieurs *exigences de processus* pour respecter une *règle*. Cependant, notre travail n'exploite pas encore la notion d'alternatives.

Il existe trois types de règles (Hinkelmann 2017) : (1) l'obligation (une situation qui devrait être vraie, mais qui peut être violée et doit être appliquée), (2) l'interdiction (une situation ce qui ne devrait pas être vraie) et (3) la permission restreinte (ce qui est permis dans certaines conditions). Une *exigence processus* possède donc l'un des trois *types* : *obligation*, *interdiction* ou *autorisation restreinte*.

(Weber et al. 2010) explique que le détail du séquençement des activités et des conditions d'activations suffit pour exprimer la totalité d'un processus. En utilisant les résultats présentés dans le cadre de maturité (Chapitre II), nous pensons qu'il faut également détailler les données produites et utilisées afin de définir correctement une cartographie de processus. Ainsi, notre modèle définit une *exigence processus* comme étant un *lien* entre (*depuis* et *vers*) plusieurs *éléments de processus* (*activités* ou *flux*). Un lien peut être une *inclusion*, une occurrence relative (*précédence* ou *succession*) une *production* ou une *utilisation* d'*éléments de processus*. Par exemple, l'*exigence processus* : « le processus de planification de la conception et du développement comporte une activité ou une suite d'activités ayant pour but de déterminer les étapes de conception et de développement » impose l'existence d'un *lien d'inclusion* depuis l'*activité* « planification de la conception et du développement » vers l'*activité* : « déterminer les étapes de conception et de développement ».

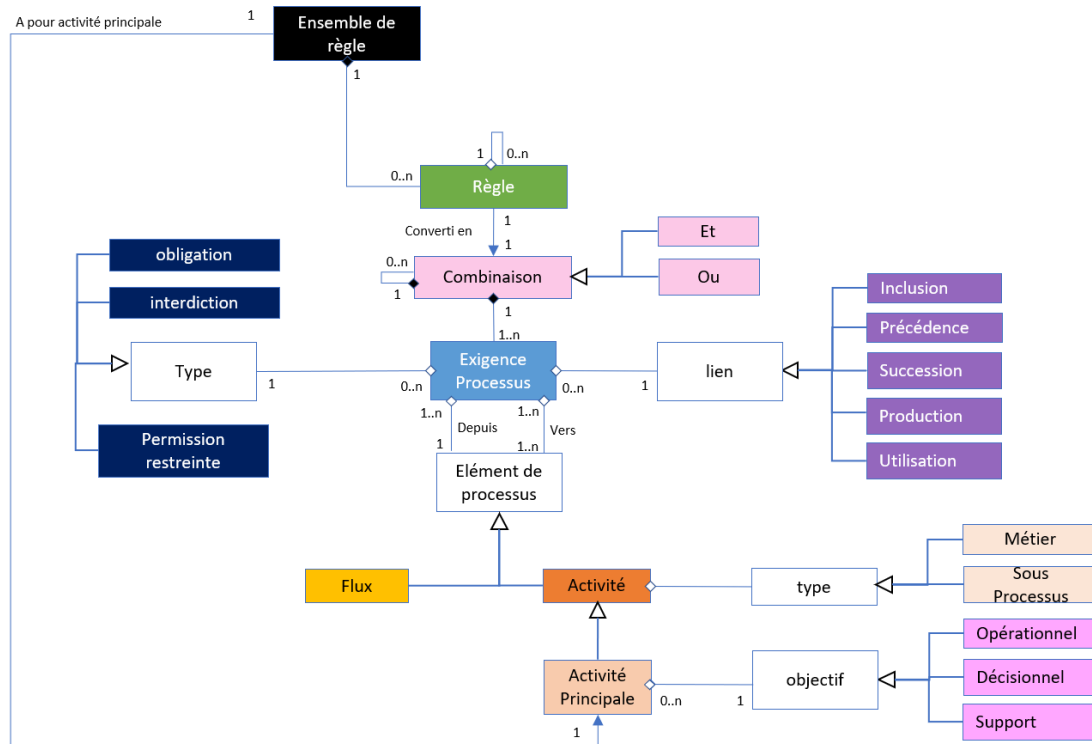


Figure III.5 — Métamodèle Source : Formalisation des règles

Une entreprise dispose toujours, même non formalisés, d'un nombre restreint de processus principaux qui forment sa cartographie générale : son *activité principale*. Le premier modèle de la cartographie qui devra être modélisé est celui représentant cette cartographie générale. Chaque processus qu'elle contient pourra ensuite être consulté indépendamment. Il doit donc être possible d'identifier cette activité particulière que nous choisissons d'appeler *activité principale*. Les activités de la cartographie générale se répartissent selon trois *objectifs* (ISO, EN 2015): (1) *opérationnel* : qui apporte la valeur ajoutée de l'entreprise, (2) *décisionnel* qui définit le cadre de fonctionnement des processus opérationnels et (3) *support* qui permet aux processus opérationnels de fonctionner.

La Figure III.6 représente un exemple de modèle d'une règle provenant de l'ISO 15288:2015 (International Organization for Standardization 2015) selon le métamodèle de formalisation des règles. La norme Iso15288 est un *ensemble de règles* composé entre autres de la *règle* suivante : « L'organisation doit planifier et contrôler la conception et le développement du produit ». Cette règle est elle-même précisée par une autre *règle* : « Au cours de la planification de la conception et du développement, l'organisation doit déterminer les étapes de conception et de développement ». Ces deux règles sont converties en *exigences de processus*, mais seul l'équivalent processus de la deuxième règle est présent sur la figure. Cette règle peut être respectée en suivant l'unique (donc *combinaison* d'une seule) *exigence de processus* suivante : l'*activité* « planifier la conception et le développement » est *obligée*

d'inclure l'activité suivante : « déterminer les étapes de conception et de développement ».

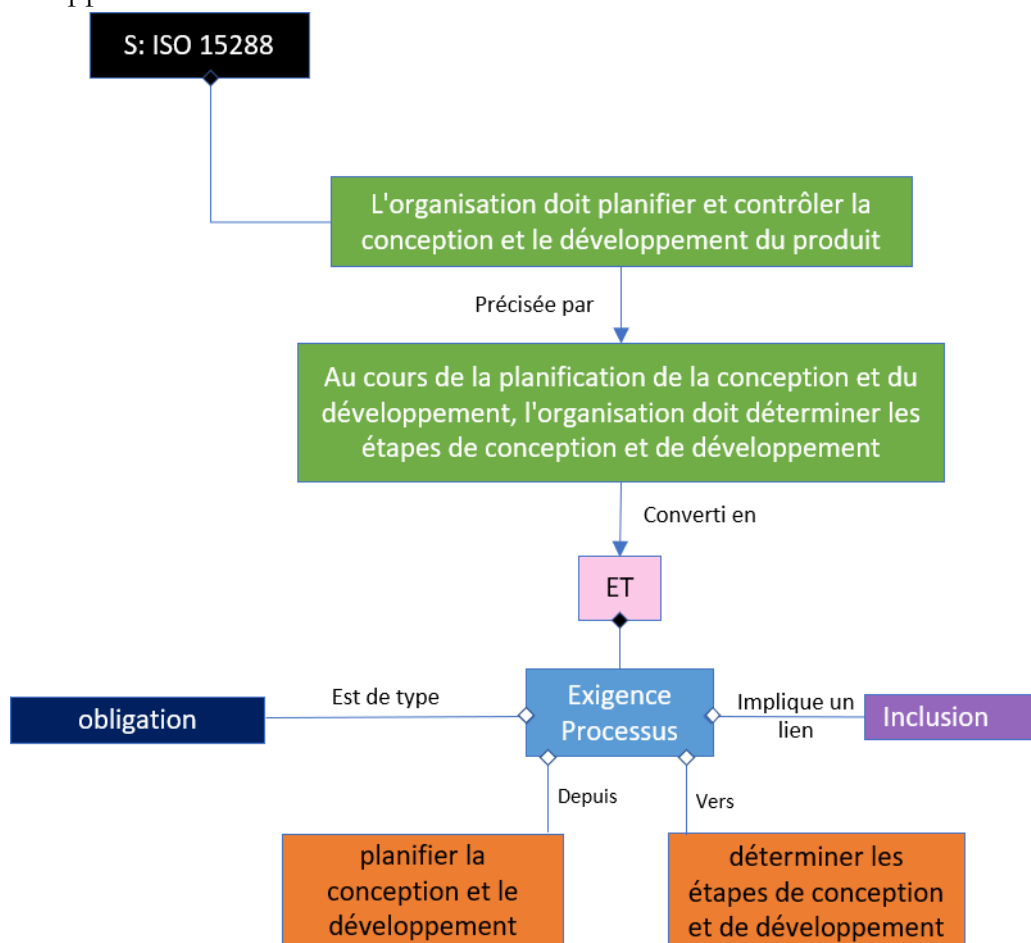


Figure III.6 — Modèle partiel de représentation d'un exemple de règles (tiré de la norme ISO 15288)

III.4.1.2. Métamodèle cible : Les activités ordonnées

Le modèle d'activités ordonnées est composé de toutes les *activités* de la cartographie. Chaque *activité* du modèle peut (1) être *composée* d'autres activités (les activités incluses) et être *suivie par* d'autres activités (les activités suivantes).

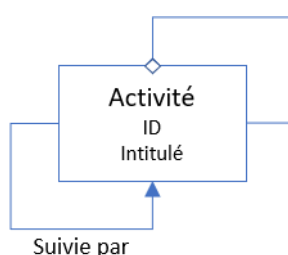


Figure III.7 — Métamodèle des activités ordonnées

Le métamodèle des activités ordonnées étant simple, il est possible de représenter un modèle d'activités ordonnées sous la forme d'un tableau. Le Tableau III.1 présente l'exemple d'un modèle d'activités ordonnées. Cet exemple est inspiré de la Figure III.2.

Tableau III.1 — Exemple d'un modèle d'activités ordonnées

Identifiant	Intitulé	Activités suivantes	Activités incluses
A	Études conception	et B	
B	Réalisation		C, D, E
C	Génie civil	D, E	F, G, H
D	Mécanique		I, J, K
E	Automatismes		L, M
F	Démolition mur	G, H	
G	Réalisation fosse		
H	Reconstruction mur		
I	Installation base	J	
J	Montage machine	K	
K	Installation convoyeurs		
L	Montage armoire électrique	M	
M	Câblage		

Dans ce modèle, l'activité A est suivie par l'activité B. L'activité B est composée des activités C, D et E. L'activité C, composée des activités F, G et H est suivie par les activités D et E. Les activités D et E sont respectivement composées des activités I, J, K et L, M. L'activité F est suivie par les activités G et H. Les activités I est suivie par l'activité J elle-même suivie par l'activité K. Enfin, l'activité L est suivie par l'activité M.

III.4.1.3. Connaissance additionnelle : les éléments de processus similaires

III.4.1.3.1. Principe théorique

Lors de la conception d'un processus de la cartographie, il faut tout d'abord identifier, parmi l'ensemble de toutes les règles à respecter, celles qui s'appliquent au processus en cours de conception. Par exemple, les deux règles suivantes

n'interviennent pas au même endroit de la cartographie : « Il faut toujours valider un document avant de le transmettre au client » et « Chaque processus doit être revu tous les ans ». Ce rapprochement permettra par la suite de réduire le nombre de règles à appliquer à un processus et éventuellement de mettre en évidence des règles incompatibles.

Cette section présente un exemple générique afin d'illustrer le besoin d'identifier le rapprochement entre règles. Les éléments introduits par les règles internes sont notés X alors que les éléments apportés par les règles externes sont notés X'. Une entreprise fournit un *Ensemble* de règles internes ainsi qu'un *Ensemble*' de règles externes à respecter. Chaque règle est convertie une *combinaison* d'exigences (ou *combinaison*' d'exigence') de processus en utilisant le modèle de formalisation des règles :

- L'activité 0 de l'entreprise doit contenir les activités suivantes :
 - A
 - B
 - E1
 - E2
 - F1
 - G, devant contenir à son tour :
 - G1
- L'activité 0' d'une entreprise doit contenir les activités suivantes :
 - A'
 - C'
 - D', devant contenir à son tour :
 - D1'
 - D2'
 - E', devant contenir à son tour :
 - E1'
 - E2'
 - F', devant contenir à son tour :
 - F1'
 - F2'
 - G1'

Pour comprendre la nécessité d'identifier les rapprochements entre les éléments de *l'Ensemble* avec ceux de *l'Ensemble'* nous considérons ici que chaque élément externe précédemment cité est considéré comme « équivalent à » son homologue interne. Ainsi nous pourrions écrire $X' = X$.

Notre approche souhaite partir de l'hypothèse suivante : les *exigences de processus* provenant de *règles* externes (*exigences'*) devraient primer sur les *exigences de processus* provenant de *règles* internes (*exigences*). Autrement dit, les *exigences'* **doivent** être respectées par la cartographie alors que les *exigences* **devraient** être respectées par la cartographie. Pour ce faire nous avons décidé de concevoir le modèle d'activité ordonné respectant les *exigences*, puis de lui appliquer une à une les *exigences'* non respectées. Ainsi notre cartographie contient donc tout d'abord les éléments internes puis est progressivement complétée avec les éléments externes. Puisqu'Activité 0 = Activité 0', il est possible d'appliquer chacune de ces règles à l'activité 0. Le Tableau III.2 résume la cartographie obtenue après avoir traité chacune des exigences' :

- L'activité 0 doit contenir une activité A'
 - Une activité A existe déjà dans le processus. Puisque $A = A'$ il n'y a pas besoin d'ajouter d'activité au processus.
- Aucune règle ne concerne l'activité B, elle reste inchangée dans le processus.
- L'activité 0 doit contenir une activité C'
 - Il n'existe pas d'activité équivalente à C' dans le processus. Cette activité doit donc être ajoutée au modèle.
- L'activité 0' d'une entreprise doit contenir une activité D'
 - Il n'existe pas d'activité équivalente à D' dans le processus. Cette activité doit donc être ajoutée au modèle.
- L'activité D' d'une entreprise doit contenir des activités D1' et D2'
 - L'activité D' précédemment ajoutée au processus devra faire appel à un nouveau processus auquel nous devons ajouter les activités D1' et D2'.
- L'activité 0' d'une entreprise doit contenir une activité E'
 - Il n'existe pas d'activité équivalente à E' dans le processus. En revanche, E' doit contenir E1' et E2', et chacune de ses deux activités possède un équivalent déjà présent dans le processus. Aucune activité n'est donc ajoutée au modèle.
- L'activité 0' d'une entreprise doit contenir une activité F'

- Il n'existe pas d'activité équivalente à F' dans le processus.
En revanche, F' doit contenir F1' et F2', et l'une de ses deux activités possède un équivalent déjà présent dans le processus. Uniquement l'activité F2' doit donc être ajoutée au modèle.
- L'activité 0' d'une entreprise doit contenir une activité G1'
 - Il n'existe pas d'activité équivalente à G1' dans le processus.
En revanche, il existe une activité G faisant appel à un autre processus et contenant une activité équivalente à G1'.
Aucune activité n'est donc ajoutée au processus.

Tableau III.2 — Exemple générique de la déduction des règles internes et externes à respecter pour une cartographie

Règles internes		Cartographie		Règles externes	
A		A		A'	
B		B			
		C'		C'	
		D'		D'	
			D1'		D1'
			D2'		D2'
				E'	
E1		E1			E1'
E2		E2			E2'
				F'	

F1		F1			F1'
		F2'			F2'
G		G			
	G1		G1	G1'	

En résumé, la méthodologie présentée ici considère que dans une situation où les éléments de processus sont reconnus comme équivalents, la cartographie générée : (1) ne doit pas contenir de doublons, (2) doit préférer les exigences internes par une entreprise aux règles externes. Pour se faire, il faut avoir au préalable identifié les équivalences entre les éléments provenant des règles internes et externes.

III.4.1.4. Transformation d'un modèle de formalisation des règles vers un modèle d'activités ordonnées

Nous décrivons ici le procédé que nous choisissons de suivre afin de générer un modèle d'activités ordonnées se conformant à des règles décrites à la fois internes et externes.

L'ensemble des **activités parentes**, à parcourir pour compléter le modèle, est initialement constitué d'une seule activité : *l'activité principale* (voir le métamodèle source Figure III.5). **Tant que cet ensemble n'est pas vide, les activités sont parcourues les unes après les autres pour compléter le modèle d'activités ordonnées** en suivant la méthode suivante :

1. Les règles internes portant sur l'activité parente sont parcourues pour compléter le modèle.
2. Les règles externes sont filtrées pour ne conserver que les règles portant sur l'activité parente
3. Les règles externes conservées sont appliquées au modèle
4. Étant données les règles (internes ou externes) restantes à appliquer, certaines des nouvelles activités du modèle doivent aussi être parcourues comme activités parentes : ces dernières sont ajoutées à l'ensemble des activités parentes

III.4.1.4.1. Les règles internes portant sur l'activité parente sont parcourues pour compléter le modèle

Puisque chaque *règle* a préalablement été convertie en *exigence de processus* par un expert, la première étape consiste à identifier les *activités* liées à l'activité parente qui doivent être présentes dans le modèle. Pour cela, nous parcourons le modèle de formalisation des règles, à partir de l'activité parente, en conservant uniquement les *exigences de processus d'inclusion depuis* l'activité parente ainsi que les *exigences de processus d'occurrence relative (précédence ou succession) depuis ou vers* une activité incluse. Autrement dit, nous sélectionnons (1) toutes les activités incluses, et (2) toutes leurs voisines.

L'entreprise Turkaway souhaite ajouter un processus à sa cartographie : l'Approvisionnement. Elle déclare que dans sa façon d'appréhender le processus, il contient au moins une activité « Commander », obligatoirement précédé d'une activité « Identifier les besoins » et suivie d'une activité « Réception facture », elle-même suivie par « paiement facture ».

La Figure III.8 présente le modèle partiel respectant le métamodèle de formalisation des règles et correspondant aux règles internes énoncées par Turkaway. Cette figure montre donc uniquement les activités considérées comme « incluses » dans l'activité d'approvisionnement

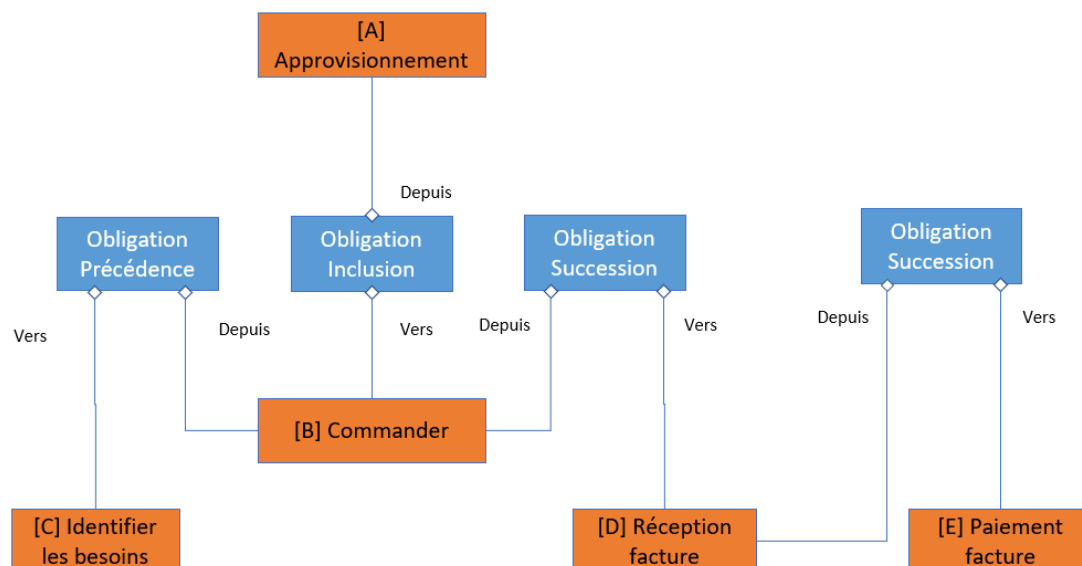


Figure III.8 — Modèle partiel respectant le métamodèle de formalisation des règles : exemple de parcours du graphe pour identifier les activités incluses dans l'activité d'approvisionnement

Une fois la sélection des activités effectuée, elles sont ajoutées indépendamment (si elles n'existent pas encore dans le modèle) en tant qu'activités incluses dans l'activité parente (voir la colonne « Activités incluses » de la première ligne du Tableau III.3). Pour chaque activité ainsi répertoriée, le graphe est à nouveau parcouru afin de lui renseigner les activités qui la suivent.

Tableau III.3 – 1re étape : Les activités incluses

Identifiant	Intitulé	Activités suivantes	Activités incluses
0	Activité Principale		A
A	Approvisionnement		B, C, D, E
B	Commander	D	
C	Identifier les Besoins	B	
D	Réception Facture	E	
E	Paieement Facture		

III.4.1.4.2. Les règles externes sont filtrées pour ne conserver que les règles portant sur l'activité parente

Dans le cadre de notre exemple, l'entreprise ayant fourni la description de son activité d'approvisionnement (Figure III.8), souhaite également que sa cartographie de processus respecte un ensemble de bonnes pratiques. Ces règles et leurs interprétations par des experts sont présentées en Figure III.9. L'ensemble des Bonnes pratiques est constitué de trois règles, converties ainsi en exigences de processus :

1. Une commande doit impérativement être précédée par une demande de devis : L'activité « Commander » doit être précédée par l'activité « Demander un devis »
2. Il est important d'enregistrer les dépenses à venir, et ce même si la facture n'a pas été encore officiellement réglée : L'activité « Retour de devis signé » doit être suivie par l'activité « Enregistrer la dépense future »
3. Tout paiement doit être mémorisé afin de suivre la réception des produits commandés : L'activité « Payer » doit être suivie par l'activité « Suivre la réception »

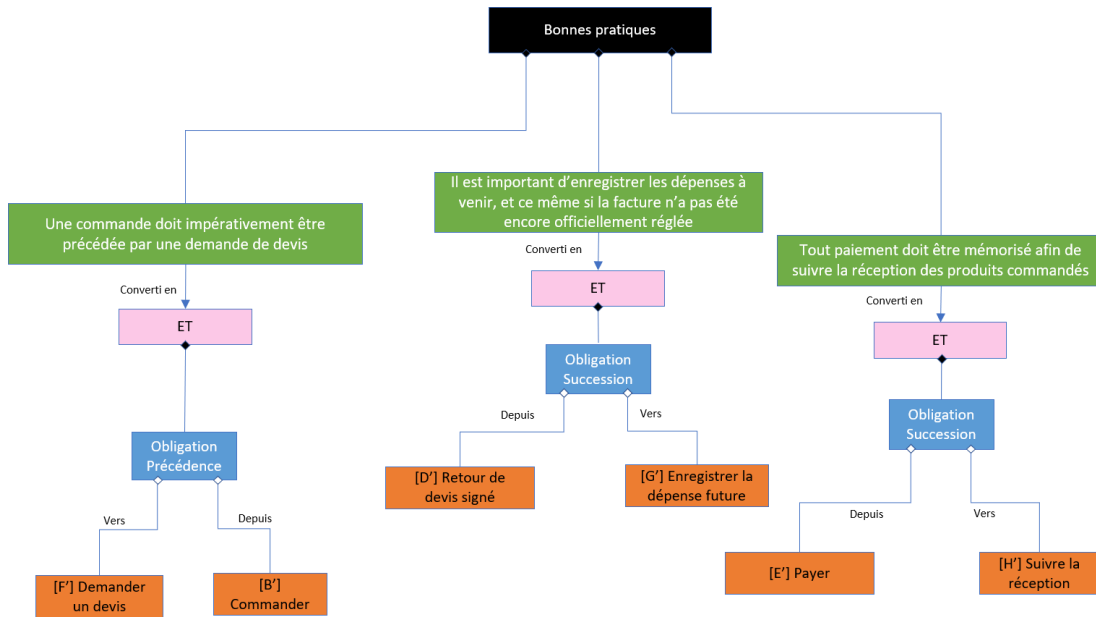


Figure III.9 — Règles externes à respecter

Afin de filtrer les *règles* concernées par l'activité parente, il nous faut conserver les *exigences de processus* qui contraignent les activités similaires à celles déjà présentes dans le modèle.

Les activités mentionnées par Turkaway « Commander », « Réception Facture » et « Paiement Facture » sont respectivement notés comme similaires aux activités mentionnées dans les bonnes pratiques : « Commander », « Retour de devis signé » et « Payer ».

Le Tableau III.4 montre le modèle des activités ordonnées ainsi généré. Nous avons ainsi agrandi le Tableau III.3, en lui ajoutant une colonne mentionnant les identifiants des activités similaires.

Tableau III.4 — 2e étape : Les activités similaires

Identifiant	Intitulé	Identifiant des Activités similaires	Activités suivantes	Activités incluses
0	Activité Principale			A
A	Approvisionnement			B
B	Commander	B'	C	
C	Identifier les Besoins		B	
D	Réception Facture	D'	E	
E	Paiement Facture	E'		

Une fois les activités similaires regroupées, il nous est possible de parcourir le graphe de deux manières différentes : (1) en identifiant les règles d'inclusion liées à l'activité similaire à l'activité principale, et (2) en identifiant les règles, d'un autre type que l'inclusion, liées aux activités similaires à celles contenues dans le modèle. Ces règles forment l'ensemble des règles filtrées à appliquer sur le processus en cours de modélisation. Pour la suite de l'algorithme, nous avons fait le choix de ne traiter que les exigences de processus qui concernent des activités, nous ne traitons pas encore les exigences de processus qui concernent des flux.

III.4.1.4.3. Les règles externes conservées sont appliquées au modèle

A ce stade, notre modèle d'activités ordonnées est composé d'un certain nombre d'activités, éventuellement liées à des activités similaires, et possiblement connectées aux autres activités par des liens de succession ou d'inclusion. Les règles externes précédemment filtrées doivent être appliquées au modèle. A ce stade, nous avons émis l'hypothèse que les exigences de processus sont toutes compatibles, il est donc possible de les appliquer les unes après les autres. L'Algorithme 1 décrit en annexe E revient en détail sur l'amélioration du modèle d'activités ordonnées. Les *exigences de processus* sont traitées les unes après les autres.

Une *exigence de processus* est liée à des *activités* via des liens « depuis » ou « vers » dans le modèle de formalisation des règles. La première étape consiste à vérifier que toutes ses *activités* sont effectivement présentes dans le modèle d'activités ordonnées. Une activité est considérée comme présente dans le modèle si (1) elle ou une activité similaire est dans le modèle, ou bien si (2) l'une de ses activités parentes ou une activité parente similaire est dans le modèle, ou bien si (3) l'ensemble de ses activités contenues ou leurs activités similaires sont dans le modèle. Les activités non présentes dans le modèle sont ajoutées et un lien d'inclusion avec l'activité parente est ajouté. Dans le cas où un ajout d'élément au modèle a eu lieu, de nouvelles *exigences de processus* sont éventuellement ajoutées à la liste des *exigences de processus* à successivement appliquer au modèle.

Si l'*exigence de processus* est de *lien de succession* ou de *précédence*, les *activités* qui doivent se suivre sont identifiées : il peut s'agir d'activités similaires, parentes ou incluses dans les activités mentionnées par l'exigence. Une vérification est effectuée pour vérifier si ses activités sont déjà ordonnées comme demandé par l'exigence, si ce n'est pas le cas, un lien de succession est ajouté entre chaque couple d'activité précédente et suivante.

Afin de respecter les règles externes, les activités F, G et H sont ajoutée au modèle d'activités ordonnées. « Demander un devis » succède à l'activité « Commander ».

Notre algorithme ne traite pas encore les exigences de *lien Production et Utilisation*.

III.4.1.4.4. Identification des nouvelles activités parentes à parcourir

Une fois les *exigences de processus* entièrement parcourues, les nouvelles activités ajoutées sont étudiées de plus près. Si une activité est liée (*depuis*) à une *exigence de processus* de *lien inclusion*, ces activités sont ajoutées à l'ensemble des activités parentes à parcourir.

Tableau III.5 — Exemple de modèle d'activités ordonnées généré à partir de règles internes et externes

Identifiant	Intitulé	Identifiant des Activités similaires	Activités suivantes	Activités incluses
0	Activité Principale			A
A	Approvisionnement			B, C, D, E
B	Commander	B'	C	
C	Identifier les Besoins	C'	F	
D	Réception Facture	D'	E, G	
E	Paieement Facture	E'	H	
F	Demander un devis		B	
G	Enregistrer la dépense future			
H	Suivre la réception			

III.4.2. 2^e transformation de modèles : d'un modèle d'activités ordonnées vers une cartographie BPMN de processus

Cette section décrit l'algorithme mis au point afin de transformer un modèle d'activités ordonnées, résultat de la transformation de modèle précédente, en une cartographie de processus.

La Figure III.10 présente l'ordre dans lequel les éléments relatifs à cette deuxième transformation de modèle sont présentés. Le modèle source correspondant au modèle cible de la précédente transformation (section III.4.1.2), le modèle cible est directement présenté en section III.4.2.1. La section III.4.2.2

traite des principes de cette transformation où aucune connaissance additionnelle n'est nécessaire.

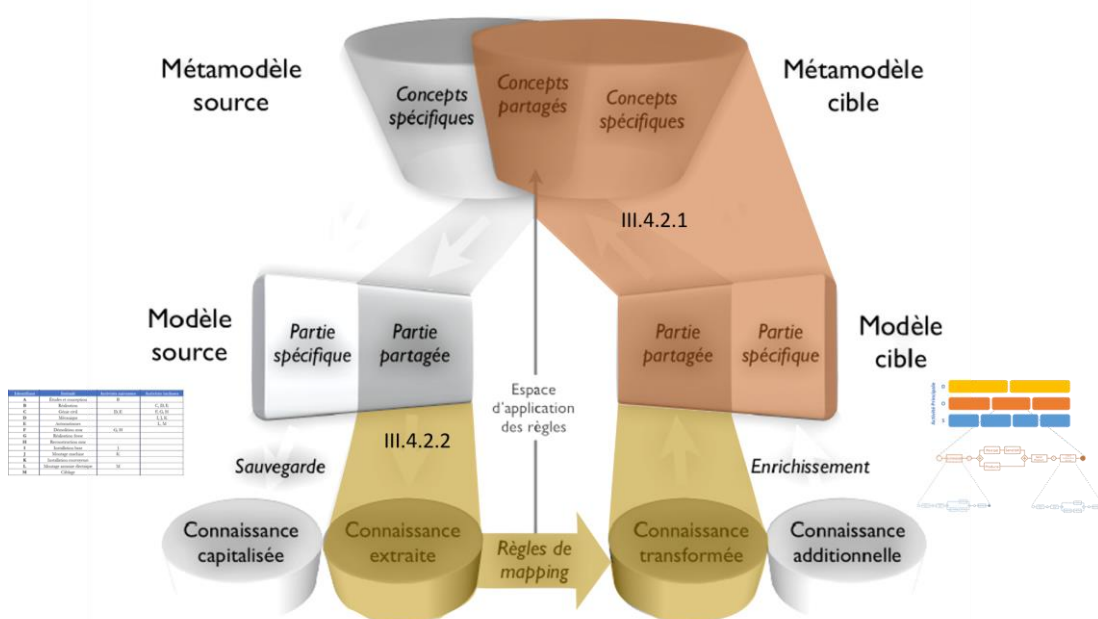


Figure III.10 — Sections traitant de la transformation d'un modèle d'activités ordonnées vers une cartographie de processus

III.4.2.1. Métamodèle cible

III.4.2.1.1. Cartographie générale

La cartographie de processus d'une entreprise comporte l'ensemble des processus qui décrivent le fonctionnement interne de l'organisation. Il est possible de les rassembler au sein d'une cartographie générale, comme présenté Figure III.11. Chaque processus de l'entreprise est mentionné dans cette cartographie générale. Pour respecter l'architecture d'une cartographie générale comme définie dans le projet MISE, ils sont regroupés selon leurs objectifs : décisionnel, opérationnel ou support. Il n'existe pas de notion de chronologie dans une cartographie générale, les processus sont formalisés indépendamment les uns des autres, même s'ils interagissent effectivement les uns avec les autres. C'est en formalisant chacun des processus de la cartographie générale que l'on pourra représenter les interactions avec le reste des processus de la cartographie.

Cartographie générale de l'entreprise



Figure III.11 — Représentation générique de la cartographie générale d'une entreprise

III.4.2.1.2. Processus de la cartographie

Chaque processus cité dans la cartographie générale peut ensuite être détaillé dans un modèle de processus orienté évènement. Les outils BPMS ne sont aujourd'hui plus seulement utilisés pour modéliser les processus, mais aussi pour les orchestrer. La configuration des processus permettant de gérer assez finement les attributions des activités aux différents acteurs, les modèles BPMN ont légèrement évolués. Chaque modèle est composé d'un dessin de processus, suivant la norme BPMN, et d'une couche de configuration des activités, des portes logiques et des évènements. La Figure III.12 montre un modèle inspiré du BPMN, mais sans les concepts de « Pools » et de « Lane ».

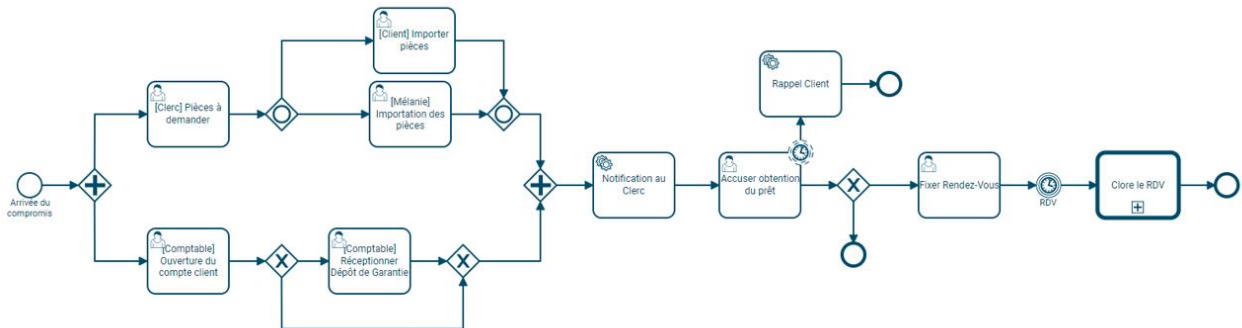


Figure III.12 — Exemple d'un modèle BPMN

III.4.2.2. Principes de transformation

III.4.2.2.1. Génération de la cartographie générale

Dans le modèle des activités ordonnées, une activité principale existe. Cette activité principale inclut tous les processus devant apparaître dans la cartographie générale. Ces processus sont ajoutés à la cartographie générale en fonction de leur objectif (décisionnel, opérationnel ou support).

Étant donné les informations du modèle d'activités ordonnées (Tableau III.5), la cartographie générale de l'entreprise ne contient qu'un processus opérationnel : l'approvisionnement, la Figure III.13 représente cette cartographie.

Cartographie générale de l'entreprise

Processus Décisionnels

Processus Opérationnels

Approvisionnement

Processus Supports

Figure III.13 — Exemple de cartographie générale de l'entreprise obtenue à partir du modèle des activités ordonnées (Tableau III.5)

III.4.2.2.2. Génération d'un modèle de processus orienté évènement

L'ensemble des modèles de processus à créer contient initialement chaque activité de la cartographie générale. Chaque modèle de processus de l'ensemble des processus à créer sont successivement générés en respectant la méthode suivante. La Figure III.14 schématise cette méthode.

Création des éléments

Le modèle, tout d'abord vide, se voit ajouter l'ensemble des activités incluses les unes après les autres, indépendamment des liens qui les unissent. Les activités qui incluent d'autres activités sont ajoutées sous la forme d'appel de sous-processus, et sont ajoutées à l'ensemble des processus à créer.

Ajout des liens de succession entre éléments

Chaque activité du processus est ensuite reliée à ses activités suivantes par des flux de séquence.

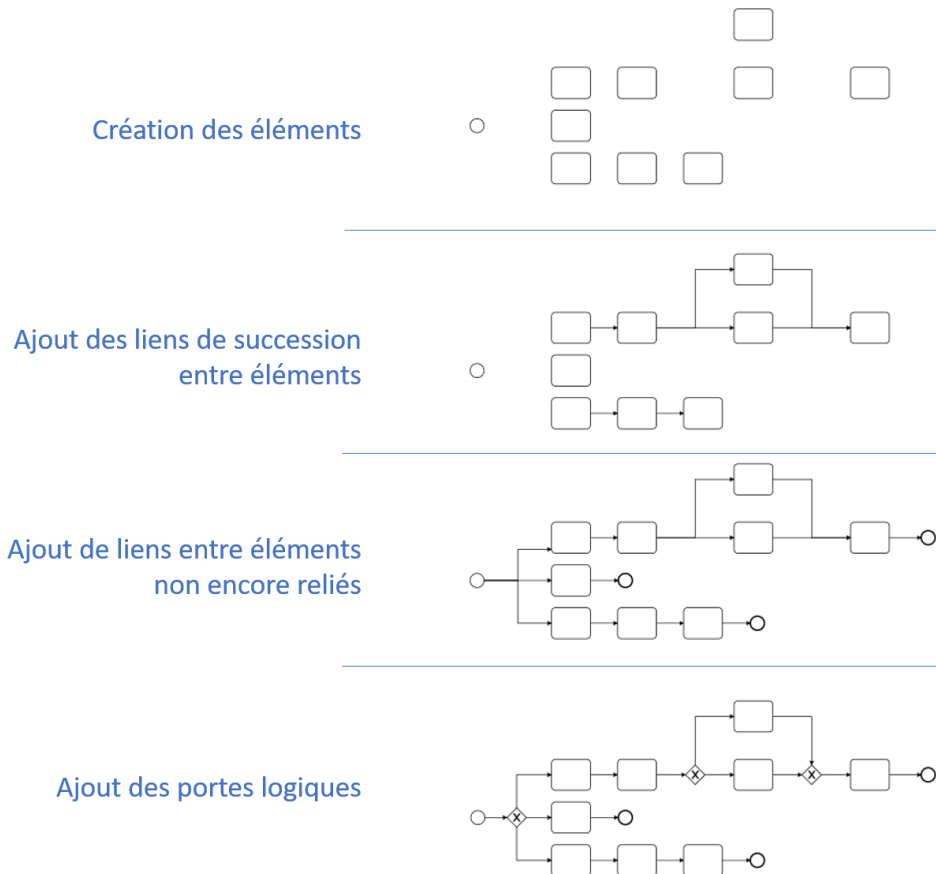


Figure III.14 — Les 4 étapes de la création d'un processus à partir d'un modèle d'activités ordonnées

Ajout de liens entre éléments non encore reliés

Chaque activité du processus est étudiée afin d'identifier celles qui n'ont pas de précédence (ou de succession). Les activités n'ayant aucune précédence (ou succession) sont ainsi reliées à l'évènement de début (ou à un évènement de fin).

Ajout des portes logiques

La norme BPMN recommande deux bonnes pratiques concernant les flux de séquences : le seul élément BPMN qui peut avoir plus d'un flux de séquence entrant est la porte logique. La même règle s'applique pour les flux de séquence sortants. Ainsi, cette étape consiste à placer des portes logiques avant ou après chaque élément de processus relié à plusieurs flux de séquence.

A ce stade nous n'avons pas encore mené de réflexion sur les types de portes, il sera nécessaire de compléter le modèle des activités ordonnées pour ajouter des conditions sur les liens de succession.

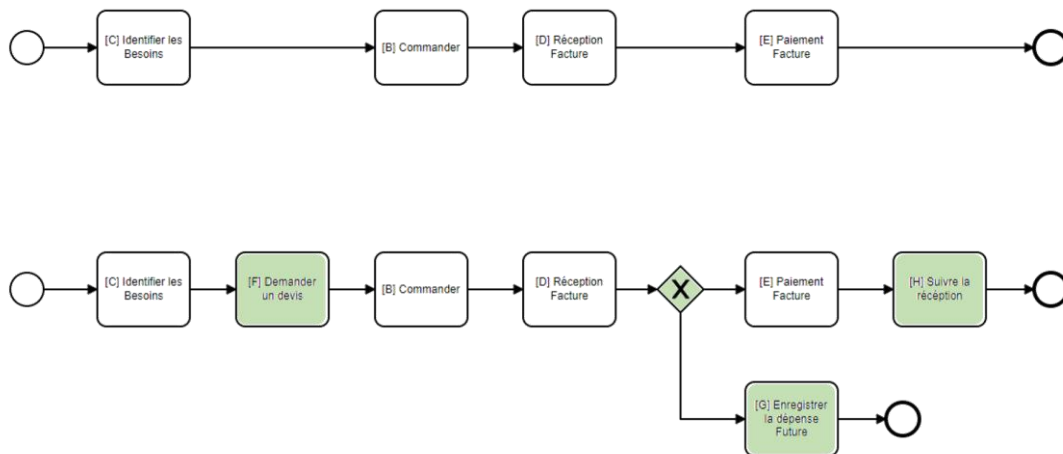


Figure III.15 — Exemples de modèles BPMN générés à partir d'un modèle d'activités ordonnées obtenu à partir de (haut) règles internes ou (bas) règles internes et externes.

III.4.3. Implémentation d'une Preuve de Concept

III.4.3.1. Modèle de formalisation des règles

Le modèle de formalisation des règles a été implémenté dans une base de données graphe possédant une licence Apache 2.0 et ayant un client Java : OrientDB. La Figure III.16 montre une capture d'écran de la base de données graphe implémentée et correspondant à l'exemple de la Figure III.6. Dans cette représentation, *type* et *lien* sont des attributs d'*exigence processus*, nous avons choisi de représenter l'élément *exigence processus* (en vert sur la figure) par son *lien*. Pour l'implémentation les termes du métamodèle sont en anglais : Un *ensemble de règles* (*Set*) est *composé de* (*Provides*) une ou plusieurs *règle(s)* (*Business Rule*) qui peuvent elles-mêmes être *spécifiées* (*Specified by*) d'autres *règles* (*Business rule*). Une *règle* est *convertie* (*Has equivalent*) en une *combinaison* (*combination*) d'*exigence processus* (*Process Exigence*) impliquant un *type* (*rule type*) et un *lien* (*link type*) depuis (*constrains*) un *élément de processus* (*Process Element*) et vers (*concerns*) un ou plusieurs autres *éléments de processus* (*Process Element*).

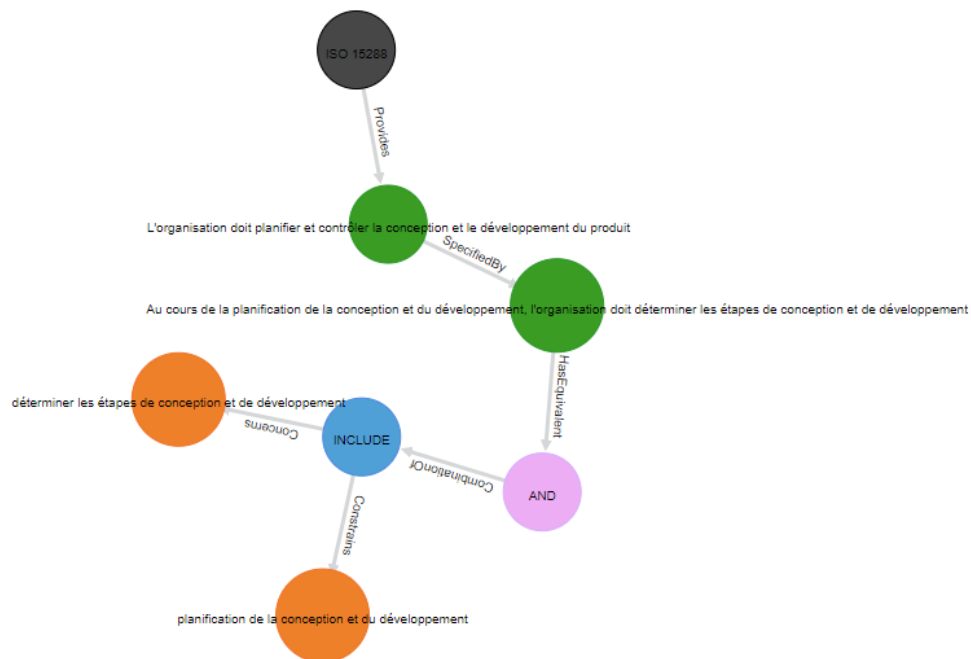


Figure III.16 — Extrait de la base de règle implémentée dans OrientDB

III.4.3.2. Connaissance additionnelle pour la transformation vers un modèle d'activités ordonnées : Détection de similarité

Pour détecter les éléments de processus similaires (connaissance additionnelle détaillée en section III.4.1.3), nous nous sommes intéressés aux outils de mesures de similarité sémantique. La similitude sémantique est une mesure qui représente la distance entre un ensemble de termes en fonction de la proximité de leurs significations. Les mesures de similarité ont été grandement étudiées au cours des deux dernières décennies, dans de multiples domaines d'application (Cer et al. 2017) et divers outils et algorithmes ont été développés.

Nous avons mis au point une méthode de comparaison des outils de réconciliation sémantique existants. Pour notre utilisation d'un outil de détection de similarité sémantique, nous pouvons voir la fonctionnalité comme un système de recommandation. Nous avons décidé de comparer les outils existants grâce à la mesure d'indicateurs inspirés de l'analyse statistique. Nous avons d'abord construit une référence de réponses binaires (similaires ou non) entre 30 termes tirés de la norme ISO 15288 et 15 termes utilisés par une entreprise pour décrire un de ses processus. La base de référence est retranscrite en annexe F.

Pour chacune des 450 paires de termes, nous avons noté les scores de similarité obtenus par chaque algorithme et outil en notre possession

(ElasticSearch, spaCy, Wikibrain, UMBC, Optimal Matching, Greedy Pairing, MCS method, LSA, Snips, DKPro Similarity, Similarity Search Java, NGD, ESA, SimRank). Chaque outil ayant sa propre méthode de calcul et les résultats n'étant pas répartis sur les mêmes échelles, nous avons individuellement défini une valeur seuil permettant de déduire l'état d'équivalence évaluée entre deux termes. Ces valeurs individuelles de seuil ont été déterminées a posteriori en maximisant les scores obtenus par chaque méthode.

Pour chaque méthode il est ensuite possible former plusieurs ensembles de résultats. Le Tableau III.6 résume ces ensembles :

- Les résultats notés positifs dans la base de référence : les attendus positifs (EP pour expected positive)
- Les résultats notés négatifs dans la base de référence : les attendus négatifs (EN pour expected negative)
- Les résultats calculés positifs par la méthode évaluée : les calculés positifs (PP pour predicted positive)
- Les résultats calculés négatifs par la méthode évaluée : les calculés négatifs (PN pour predicted negative)
- Les résultats appartenant simultanément aux ensembles PP et EP : les vrais positifs (TP pour true positive)
- Les résultats appartenant simultanément aux ensembles EN et PP : les faux positifs (FP pour false positive)
- Les résultats appartenant simultanément aux ensembles PN et EP : les faux négatifs (FN pour false negative)
- Les résultats appartenant simultanément aux ensembles PN et EN : les vrais négatifs (TN pour true negative)

Tableau III.6 — Les quatre types de résultats des calculs de réconciliation

		Résultats attendus	
	Population totale	Positif (EP)	Négatif (EN)
Résultats calculés	Positif (PP)	TP	FP
	Négatif (PN)	FN	TN

À partir de ces quatre valeurs, il existe un grand nombre de mesures permettant d'évaluer la méthode de réconciliation, dont les trois suivantes :

- Le nombre de résultats vrais positifs rapportés au nombre de résultats calculés positifs, aussi appelé precision $= \frac{TP}{PP}$

- Le nombre de résultats vrais positifs rapportés au nombre de résultats attendus positifs, aussi appelé TPR (pour true positive rate) ou recall $= \frac{TP}{EP}$
- Le taux de faux positifs FPR (pour false positive rate) $= \frac{FP}{EN}$

Une mesure de performance des outils de réconciliation combine ces quatre mesures pour évaluer une méthode de réconciliation en un seul calcul : le Fscore.

$$Fscore = 2 * \frac{Precision * Recall}{Precision + Recall}$$

Nous avons choisi de favoriser les méthodes qui maximisaient leur TPR (pour détecter un maximum de vraies similitudes) et qui minimisaient leur FPR pour éviter les erreurs de similitudes calculées. Autrement dit, nous avons pris la décision de ne pas nous intéresser aux taux indiquant le nombre de résultats calculés négatifs, car nous considérons qu'un oubli pourrait être manuellement rajouté par l'utilisateur.

Le Tableau III.7 rassemble l'ensemble des résultats obtenus par une dizaine d'outils open source mesurant la similarité sémantique entre textes.

Tableau III.7 — Comparaison des outils de réconciliation sémantique

Nom outil	max note	moyenne	barre de seuil pos/neg	TPR	FPR	License	implémentation disponible
ElasticSearch + synonym token filter	10,64	1,71	2,00	17%	26%	Apache	Oui
spaCy	86%	51%	10%	52%	64%	MIT	Non
Wikibrain	98%	21%	10%	33%	39%	Apache	Oui
UMBC	52%	11%	10%	29%	34%	?	
Optimal Matching	40%	3%	3%	17%	15%	?	
	40%	3%	3%	12%	17%	?	
	40%	2%	2%	12%	19%	?	Non
Greedy Pairing	40%	3%	3%	17%	17%	?	
MCS method	42%	4%	4%	12%	21%	?	
LSA	86%	18%	10%	14%	11%	?	

Les résultats obtenus ne nous permettent cependant pas encore de choisir un outil pour déduire les rapprochements entre termes du modèle de formalisation des règles, puisque nous souhaiterions un outil avec un TPR supérieur à 60% et un FPR approchant les 10%. Pour l'instant, nous réalisons donc le rapprochement des termes similaires manuellement.

III.4.3.3. L'enchaînement des transformations de modèles pour obtenir une cartographie de processus.

Les deux transformations de modèles décrites en sections III.4.1 et III.4.2 ont été implémentées dans un prototype Java. Il permet de générer une cartographie pour des cas simples : (1) des règles qui ne se contredisent pas et dont (2) les exigences concernent des activités et non des flux.

III.5. LIMITES DE LA PROPOSITION ET PERSPECTIVES

III.5.1. La méthode

Certains travaux de R-IO Suite et de MISE en général se sont également intéressés à la génération automatique de processus. (Rajsiri et al. 2010) travaille sur la génération d'une unique cartographie de collaboration (comportant simultanément les processus décisionnels, opérationnels et support) à partir d'un ensemble d'objectifs et des flux qui transitent dans la collaboration. (Mu 2012) perfectionne cette cartographie en générant une cartographie à partir d'objectifs prioritaires et en proposant la distinction entre les processus décisionnels opérationnels et supports. En ce sens, nos travaux se rapprochent grandement de ces derniers. Les travaux de (Bidoux 2016; Montarnal 2015) permettent également la conception de processus, mais étudient plus en détail leur optimisation en utilisant respectivement des algorithmes d'optimisation multicritère et de métaheuristique. Ces deux approches privilégient l'amélioration des processus existant plutôt que leur conformité aux informations apportées par l'utilisateur. Notre approche basée sur les contraintes internes et externes privilégie la conformité des modèles avant leur optimisation.

Pour la suite, nous envisageons de tirer profit d'outils complémentaires tels que le process mining pour générer les règles internes plutôt que de les demander à l'utilisateur.

Le cadre d'évaluation de la maturité est aujourd'hui en cours d'intégration par les consultants d'Iterop. Baptisé SESAME pour Solution d'Evaluation et Solutions d'Amélioration de la Maturité des Entreprises, il aura pour objectifs d'être utilisé lors d'échanges avec le client afin de l'aider à visualiser son niveau de maturité BPM actuel et lui montrer le chemin qu'Iterop souhaite l'aider à parcourir.

III.5.2. Les métamodèles

Les métamodèles de règles et d'activités ordonnées suffisent actuellement pour des cas d'utilisation simples. En revanche, ils ne permettent pas encore de modéliser des notions basiques des processus comme le conditionnement de suites d'activités, les boucles, ni même les attentes de date ou de durée. Les futurs développements qui suivront ces travaux devront très rapidement intégrer ces notions dans les métamodèles ainsi que dans les algorithmes d'obtention de la cartographie. Il faudra alors ajouter au métamodèles des notions d'évènements ou même d'alternatives d'exigences de processus.

III.5.3. Outils pour identifier les éléments similaires

La section III.4.1.3 démontre la nécessité d'identifier des liens de similarités entre éléments en tant que première étape de la transformation d'un modèle de règle en un modèle d'activités ordonnées. La méthode de comparaison des outils de détection de similarité établie devait nous permettre de choisir un outil convenable rapidement. Malheureusement les résultats obtenus n'étant pas satisfaisants, nous avons décidé de réaliser cette étape manuellement dans un premier temps. Nous pensons que la recherche d'un tel outil constitue un réel travail de recherche qu'il faudrait effectuer indépendamment.

III.5.4. Les transformations de modèles

Pour l'instant, nous avons uniquement considéré des règles (1) compatibles entre elles, (2) converties en combinaison ET d'exigences de processus (3) de type obligatoire. Les travaux décrits dans ce chapitre ouvrent des perspectives de recherche concernant le traitement des règles incompatibles entre elles, les alternatives de solutions répondant à la même règle, et les règles conditionnelles et d'interdiction.

Pour la suite, nous envisageons de tirer parti de certaines des méthodes évoquées dans la section III.2. Par exemple, nous examinerons (1) l'utilisation de techniques d'exploration des processus pour recueillir les règles internes. Aussi, nous sommes convaincus qu'une exigence de processus générique, définie par un expert, ne peut pas toujours satisfaire les entreprises. Nous envisageons de laisser la liberté aux utilisateurs de modifier la cartographie générée, à l'aide (2) d'outils d'aide de complétion syntaxique par exemple, et d'enregistrer la modification comme alternative spécifique aux exigences génériques du processus. Nous envisageons (3) d'utiliser des techniques de recommandation de réutilisation partielle des cartographies générées pour concevoir les futures cartographies. Enfin, nous pensons que l'algorithme pourrait être fortement amélioré en (4) prenant en compte les exigences de processus concernant les flux. Nous pouvons par exemple imaginer que si une Activité A produit un flux qui est utilisé par une activité B, alors ces deux activités se suivent.

III.6. CONCLUSION

Depuis le début des années 2000, les approches permettant d'accompagner la conformité des processus à des règles au moment de la conception ont fait l'objet de moins d'études que les approches au moment de l'exécution (Hashmi et al. 2018). Puisque la conformité a été reconnue comme un problème NP-complet (Hashmi et al. 2018), il n'existe aucun moyen connu de trouver rapidement une solution. Nous avons choisi d'améliorer un processus existant (donné par une entreprise) en appliquant les unes après les autres des exigences processus.

Nous pensons que notre proposition et son implémentation réduisent fortement le temps nécessaire à la génération d'une cartographie conforme aux règles, mais il nous manque encore une méthode d'évaluation pour valider notre prototype ou, du moins, pour le comparer aux méthodes existantes.