



HAL
open science

Une approche d'accompagnement de la maturation BPM d'une entreprise et de la formalisation de ses processus métiers

Manon Froger

► **To cite this version:**

Manon Froger. Une approche d'accompagnement de la maturation BPM d'une entreprise et de la formalisation de ses processus métiers. Autre [cs.OH]. Ecole des Mines d'Albi-Carmaux, 2020. Français. NNT : 2020EMAC0002 . tel-02903019

HAL Id: tel-02903019

<https://theses.hal.science/tel-02903019>

Submitted on 20 Jul 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



THÈSE

En vue de l'obtention du

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par :

IMT - École Nationale Supérieure des Mines d'Albi-Carmaux

Présentée et soutenue par :
Manon FROGER

le 3 février 2020

Titre :

Une approche d'accompagnement de la maturation BPM d'une entreprise et de la formalisation de ses processus métiers

École doctorale et discipline ou spécialité :
EDSYS : Génie industriel et Informatique

Unité de recherche :
Centre Génie industriel, IMT Mines Albi

Directeur de Thèse :
Frédéric BÉNABEN, Professeur, IMT Mines Albi

Jury :
Jean-Pierre BOUREY, Professeur, Centrale Lille, Rapporteur
Nejib MOALLA, Professeur, Université Lyon 2, Rapporteur
Daniela GRIGORI, Professeur, Université Paris Dauphine, Présidente
Chihab HANACHI, Professeur, Université Toulouse 1, Examineur
Wenxin MU, Chargée de Recherche, Beijing Jiaotong University, Examinatrice
Nicolas BOISSEL-DALLIER, Directeur de Recherche, ITEROP, Examineur
Sébastien TRUPTIL, Chargé de Recherche, CEA Tech, Examineur

Remerciements

Il y a 3 ans, « Faire de la recherche » signifiait pour moi qu'il faudrait un jour que je « trouve » effectivement quelque chose. Heureusement, j'ai été entourée par une chouette équipe et j'ai fini par comprendre que parfois il suffit de se laisser porter par le projet, et tant mieux s'il produit quelques fruits au passage.

Je tiens tout d'abord à adresser un grand merci à mon directeur de thèse Frédérick Bénaben qui est le premier à m'avoir fait comprendre que « l'absence de résultat est un résultat en soi » et que ce que je fais c'est parfois malin, mais pas toujours... Merci à mes encadrants Sébastien Truptil à l'Ecole des Mines d'Albi et Nicolas Boissel-Dallier à Iterop pour votre accompagnement, votre disponibilité, vos bons conseils et votre capacité à me remonter le moral. Il paraît que j'ai la suite de l'histoire à continuer d'écrire, je ferai mieux de m'y mettre tout de suite.

J'aimerais aussi remercier mes deux rapporteurs Jean-Pierre Bourey et Nejib Moalla pour avoir pris le temps de relire et d'évaluer mon travail. Merci aussi à tous les membres du jury, Daniela Grigori, Chihab Hanachi et Wenxin Mu pour votre présence et excellentes remarques sur mon travail.

Merci à l'équipe Iterop, dans son intégralité. Il n'existe pas une seule journée où je suis venue travailler à reculons ou sans sourire. Merci d'avoir essayé de me culturer un peu et de ne pas m'en avoir (trop) voulu de ne pas connaître Odile de Ré, La doloréane ou Hubert Bonisseur de La Bath. Je n'aurai jamais tenu le coup sans vous. Merci MLG pour les heures, les jours, les semaines, les mois et les années passées à dessiner la montagne de la maturité BPM.

Merci à l'équipe du laboratoire, pour sa bonne humeur et son accueil. Merci à tous les doctorants, il est presque agréable de galérer quand on voit que les autres sont aussi dans le même bateau (rire diabolique). Courage à tout le bureau du fun pour la suite, même si Aurélie : on t'avait prévenue et tu t'es quand même lancée, alors tu ne peux plus t'en prendre qu'à toi (rire encore plus diabolique).

Enfin, un immense merci plus personnel à celui qui partage ma vie, mon futur doux mari et à notre grande et douce famille : nos quatre parents de l'amour, Léa, Nico, Lorraine et Alexis, Cécile, Matt' et Zouzou. Vous me dites souvent que vous êtes fiers de moi, mais vous ne vous rendez pas assez compte que c'est bien souvent vous qui me motivez.

Et puisque je ne ferai pas tout de suite une deuxième thèse me permettant de remercier tout le monde, merci les coupaings d'ici et d'un peu plus loin pour vos encouragements et nos bons moments ensemble : Gouitgouit et Kipine, Ninou au bout du monde, Philou et Perrine, Coutcout et Louise, les bogossenfeu et nos voisins de coeur.

À vos lunettes de lecture !

Table des matières

REMERCIEMENTS	III
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I. DE LA THEORIE DU BUSINESS PROCESS MANAGEMENT A SA PRATIQUE : CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE	5
I.1. INTRODUCTION	5
I.2. LE BUSINESS PROCESS MANAGEMENT	7
I.2.1. Vue d'ensemble du BPM : la théorie.....	7
I.2.2. La maturité BPM en pratique	13
I.2.3. Le chemin à parcourir entre théorie et pratique : pistes de réponse.....	17
I.3. AMBITIONS DE LA THESE.....	18
I.3.1. Les travaux du Centre Génie Industriel : MISE et RIO.....	18
I.3.2. Iterop	20
I.4. SUITE DU MANUSCRIT	21
CHAPITRE II. UN CADRE POUR EVALUER LA MATURITE BPM DES ORGANISATIONS ET LOCALISER LES DIFFICULTES INDUSTRIELLES.....	23
II.1. INTRODUCTION.....	23
II.2. CONCEPTION D'UN CADRE POUR EVALUER LA MATURITE BPM.....	23
II.2.1. Modèles de maturité BPM existants dans la littérature.....	24
II.2.2. Critères identifiés comme essentiels pour évaluer la maturité BPM.....	27
II.2.3. Présentation du cadre de maturité	36
II.2.4. Exemples d'utilisation du cadre.....	37
II.2.5. Conclusions	42
II.3. PROPOSITION D'UNE SUITE D'OBJECTIFS POUR MONTER EN MATURITE	43
II.3.1. Transitions difficiles et outils supportant la méthode	43
II.3.2. Un parcours permettant de profiter des outils et d'éviter les difficultés	49
II.3.3. Support IT pour l'approche proposée.....	51
II.4. ÉVALUATION ET LIMITES DU CADRE DE MATURITE	51
II.4.1. Théorie du BPM.....	51
II.4.2. Application industrielle.....	52
II.5. CONCLUSION	54
CHAPITRE III. GENERATION DE CARTOGRAPHIE DE PROCESSUS	57
III.1. INTRODUCTION	57
III.1.1. Processus spécifiques : les règles internes.....	57
III.1.2. Conformité des processus : les règles externes	58
III.1.3. Cartographie.....	58
III.1.4. Ambition des travaux	59
III.2. TRAVAUX TRAITANTS DE L'ACCOMPAGNEMENT LORS DE LA MODELISATION	59
III.2.1. Etat de l'art.....	60
III.2.2. Le projet MISE.....	62
III.2.3. Objectifs	62
III.3. INGENIERIE DIRIGEE PAR LES MODELES	63

III.3.1. Modèles et Métamodèles	63
III.3.2. Transformation de modèles.....	63
III.4. LA METHODE UTILISEE POUR GENERER UNE CARTOGRAPHIE DE PROCESSUS A PARTIR D'UN ENSEMBLE DE REGLES INTERNES ET EXTERNES	65
III.4.1. 1 ^{re} transformation de modèles : d'un modèle de formalisation des règles vers un modèle d'activités ordonnées.....	67
III.4.2. 2 ^e transformation de modèles : d'un modèle d'activités ordonnées vers une cartographie BPMN de processus.....	81
III.4.3. Implémentation d'une Preuve de Concept	86
III.5. LIMITES DE LA PROPOSITION ET PERSPECTIVES.....	90
III.5.1. La méthode.....	90
III.5.2. Les métamodèles.....	91
III.5.3. Outils pour identifier les éléments similaires.....	91
III.5.4. Les transformations de modèles	91
III.6. CONCLUSION	92
CHAPITRE IV. USE CASE.....	93
IV.1. INTRODUCTION	93
IV.2. CONTEXTE.....	93
IV.3. UTILISATION DU CADRE DE MATURITE	94
IV.3.1. Évaluation du niveau initial de maturité.....	94
IV.3.2. Suivi de l'évolution de la maturité BPM lors de l'implémentation de la démarche.....	95
IV.3.3. Les difficultés rencontrées sur le chemin de la maturité	98
IV.4. GENERATION DE LA CARTOGRAPHIE DE PROCESSUS	98
IV.4.1. Cahier des charges initial.....	99
IV.4.2. Traduction en exigences de processus	100
IV.4.3. Les activités similaires	101
IV.4.4. Obtention de la cartographie de processus.....	102
IV.4.5. Retour d'expérience sur le cas concret et perspectives	106
IV.5. CONCLUSION.....	110
CONCLUSION GENERALE	113
BIBLIOGRAPHIE	117
ANNEXE A. L'ANTISECHE DU BPMN	127
ANNEXE B. PRESENTATION DU CUBE DE MATURITE LE LONG DE L'AXE DES ABSTRACTIONS.....	129
ANNEXE C. PRESENTATION DU CUBE DE MATURITE LE LONG DE L'AXE DES DOMAINES	131
ANNEXE D. ÉVALUATION DU CADRE DE MATURITE SELON (VAN LOOY, POELS, ET SNOECK 2017).....	133
D.1. CRITERES DE LA METHODE D'EVALUATION	133
D.2. CRITERES DE LA METHODE D'AMELIORATION.....	133
D.3. CRITERES CONTEXTUELS	134
ANNEXE E. ALGORITHME DE MODIFICATION D'UN MODELE D'ACTIVITES ORDONNEES POUR QU'IL RESPECTE UNE EXIGENCE DE PROCESSUS	135

ANNEXE F. BASE DE REFERENCE POUR LA DETECTION DE SIMILARITE SEMANTIQUE ENTRE TERMES	137
--	------------

Liste des tableaux

TABLEAU II.1 — ÉTAT DE L'ART DES CADRES DE MATURITE BPM NON LINEAIRES.....	25
TABLEAU II.2 — FACTEURS « CRITIQUES » LORS DE L'INTEGRATION DE LA METHODE BPM.....	29
TABLEAU II.3 — 9 POSITIONS DE L'ETAPE DE CONCEPTION	34
TABLEAU II.4 — 9 POSITIONS DE L'ETAPE D'ORCHESTRATION	35
TABLEAU II.5 — 9 POSITIONS DE L'ETAPE D'AMELIORATION.....	35
TABLEAU II.6 — OBJECTIFS DE MATURETES DE L'ETAPE DE CONCEPTION ATTEINTS PAR ITEROP AVANT LA CERTIFICATION ISO 9001:2015.....	39
TABLEAU II.7 — OBJECTIFS DE MATURETES DE L'ETAPE D'ORCHESTRATION ATTEINTS PAR ITEROP AVANT LA CERTIFICATION ISO 9001:2015.....	39
TABLEAU II.8 — OBJECTIFS DE MATURETES DE L'ETAPE D'AMELIORATION ATTEINTS PAR ITEROP AVANT LA CERTIFICATION ISO 9001:2015.....	40
TABLEAU II.9 — OBTENTIONS PROGRESSIVES DES OBJECTIFS POUR OBTENIR LA NORME ISO 9001.	40
TABLEAU II.10 — DIFFICULTES ET OUTILS EXISTANT POUR OBTENIR LES OBJECTIFS VOISINS DU PROFIL INITIAL STANDARD.....	45
TABLEAU III.1 — EXEMPLE D'UN MODELE D'ACTIVITES ORDONNEES	72
TABLEAU III.2 — EXEMPLE GENERIQUE DE LA DEDUCTION DES REGLES INTERNES ET EXTERNES A RESPECTER POUR UNE CARTOGRAPHIE	75
TABLEAU III.3 — 1RE ETAPE : LES ACTIVITES INCLUSES	78
TABLEAU III.4 — 2E ETAPE : LES ACTIVITES SIMILAIRES	79
TABLEAU III.5 — EXEMPLE DE MODELE D'ACTIVITES ORDONNEES GENERE A PARTIR DE REGLES INTERNES ET EXTERNES.....	81
TABLEAU III.6 — LES QUATRE TYPES DE RESULTATS DES CALCULS DE RECONCILIATION	88
TABLEAU III.7 — COMPARAISON DES OUTILS DE RECONCILIATION SEMANTIQUE	89
TABLEAU IV.1 — LE MODELE D'ACTIVITES ORDONNEES.....	103
TABLEAU B.1 — 9 POSITIONS DU NIVEAU DES FLUX	129
TABLEAU B.2 — 9 POSITIONS DU NIVEAU DES ACTIVITES.....	130
TABLEAU B.3 — 9 POSITIONS DU NIVEAU DES COMPORTEMENTS	130
TABLEAU C.1 — 9 POSITIONS DU DOMAINE CULTUREL.....	131
TABLEAU C.2 — 9 POSITIONS DU DOMAINE PROFESSIONNEL	131
TABLEAU C.3 — 9 POSITIONS DU DOMAINE TECHNOLOGIQUE.....	132

Table des illustrations

FIGURE I.1 — REPRESENTATION SADT GÉNÉRIQUE D'UNE ACTIVITÉ DANS UN DIAGRAMME DE PROCESSUS ORIENTÉ FLUX	9
FIGURE I.2 — PROCESSUS ORIENTÉ FLUX DE L'ENTREPRISE TURKAWAY	10
FIGURE I.3 — EXEMPLE D'UN MODÈLE BPMN	11
FIGURE I.4 — PROCESSUS ORIENTÉ ÉVÉNEMENT (BPMN) DE L'ENTREPRISE TURKAWAY	12
FIGURE I.5 — BUSINESS PROCESS MANAGEMENT (BPM) SELON VAN DER AALST, NETJES, & REIJERS, (2007)	13
FIGURE I.6 — VUE D'ENSEMBLE DU CAPABILITY MATURITY MODEL INTEGRATION SELON (CHRISISS, KONRAD, ET SHRUM 2008)	14
FIGURE I.7 — VUE D'ENSEMBLE DE LA DÉMARCHE MISE PAR (BENABEN 2012)	20
FIGURE I.8 — AMBITION DE LA THÈSE : GUIDER UN MARCHEUR À TRAVERS LA MONTAGNE, POUR EN ATTEINDRE LE SOMMET SANS EFFORT	22
FIGURE II.1 — POSITIONNEMENT DES PARAGRAPHES DE LA SECTION II.2.2 DANS LA DÉFINITION DU CADRE DE MATURETE	27
FIGURE II.2 — 1 ^{ER} AXE D'ÉTUDE : LE DOMAINE	30
FIGURE II.3 — NIVEAUX D'ABSTRACTION DES DOMAINES PROFESSIONNELS ET TECHNOLOGIQUES D'UNE ORGANISATION SELON (BENABEN ET VERNADAT 2017)	31
FIGURE II.4 — NIVEAUX D'ABSTRACTIONS ET INTERSECTION AVEC LES DOMAINES	32
FIGURE II.5 — LE CYCLE BPM COMME 3 ^E AXE D'ÉTUDE DE LA MATURETE BPM	33
FIGURE II.6 — ARTICULATION DES PARAGRAPHES DE LA SECTION II.2.2.4	34
FIGURE II.7 — CADRE D'ÉVALUATION DE LA MATURETE ET SES 27 POSITIONS	36
FIGURE II.8 — NIVEAUX DE MATURETE GÉNÉRALE D'ITEROP AVANT (À GAUCHE) ET APRÈS (À DROITE) L'OBTENTION DE LA CERTIFICATION ISO 9001	41
FIGURE II.9 — LES NEUF ÉTAPES DE L'INTÉGRATION D'UNE NOUVELLE PROCÉDURE : LES AUDITS INTERNES	42
FIGURE II.10 — PROFIL INITIAL STANDARD D'UNE ENTREPRISE COMMENÇANT UNE DÉMARCHE BPM	44
FIGURE II.11 — DIFFICULTÉS ET OUTILS EXISTANT POUR OBTENIR LES OBJECTIFS VOISINS DU PROFIL INITIAL STANDARD	46
FIGURE II.12 — UN PROCESSUS DOIT ÊTRE FORMALISÉ POUR IMPLEMENTER UN WORKFLOW, L'ORCHESTRATION ET L'AMÉLIORATION DES FLUX, ACTIVITÉS ET COMPORTEMENTS EST BASÉE SUR LEURS CONCEPTIONS	47
FIGURE II.13 — LES KPIS DOIVENT ÊTRE IDENTIFIÉS POUR ÊTRE IMPLEMENTÉS. L'IDENTIFICATION DES KPIS COMPORTEMENTAUX NECESSITE L'IDENTIFICATION PRÉALABLE DES OBJECTIFS ET DES RESSOURCES	48
FIGURE II.14 — LA FORMALISATION DES PROCESSUS EST FACILITÉE PAR UNE BONNE IDENTIFICATION DES OBJECTIFS ET LES RESSOURCES. L'ORCHESTRATION DES WORKFLOWS ENCOURAGENT LE RESPECT DE CES PROCESSUS. L'IMPLEMENTATION DES KPIS ACCOMPAGNENT LE DIAGNOSTIC	48
FIGURE II.15 — ORDRE DANS LEQUEL LES OBJECTIFS EXTERNES AU PROFIL INITIAL STANDARD DOIVENT ÊTRE ATTEINTS	49
FIGURE II.16 — APPROCHE PROPOSÉE POUR OBTENIR UN NIVEAU DE MATURETE BPM IDÉAL	50
FIGURE III.1 — SCHEMA DE PRINCIPE DE LA TRANSFORMATION DE MODÈLES (BENABEN 2012)	64
FIGURE III.2 — DIAGRAMME GANTT	66
FIGURE III.3 — MÉTHODOLOGIE EMPLOYÉE POUR GÉNÉRER UNE CARTOGRAPHIE DE PROCESSUS SPÉCIFIQUE ET CONFORME	66
FIGURE III.4 — SECTIONS TRAITANT DE LA TRANSFORMATION D'UN MODÈLE DE FORMALISATION DES RÈGLES VERS UN MODÈLE D'ACTIVITÉS ORDONNÉES	67
FIGURE III.5 — MÉTAMODÈLE SOURCE : FORMALISATION DES RÈGLES	70

FIGURE III.6 — MODELE PARTIEL DE REPRESENTATION D'UN EXEMPLE DE REGLES (TIRE DE LA NORME ISO 15288).....	71
FIGURE III.7 — METAMODELE DES ACTIVITES ORDONNEES.....	71
FIGURE III.8 — MODELE PARTIEL RESPECTANT LE METAMODELE DE FORMALISATION DES REGLES : EXEMPLE DE PARCOURS DU GRAPHE POUR IDENTIFIER LES ACTIVITES INCLUSES DANS L'ACTIVITE D'APPROVISIONNEMENT	77
FIGURE III.9 — REGLES EXTERNES A RESPECTER.....	79
FIGURE III.10 — SECTIONS TRAITANT DE LA TRANSFORMATION D'UN MODELE D'ACTIVITES ORDONNEES VERS UNE CARTOGRAPHIE DE PROCESSUS	82
FIGURE III.11 — REPRESENTATION GENERIQUE DE LA CARTOGRAPHIE GENERALE D'UNE ENTREPRISE	83
FIGURE III.12 — EXEMPLE D'UN MODELE BPMN.....	83
FIGURE III.13 — EXEMPLE DE CARTOGRAPHIE GENERALE DE L'ENTREPRISE OBTENUE A PARTIR DU MODELE DES ACTIVITES ORDONNEES (TABLEAU III.5).....	84
FIGURE III.14 — LES 4 ETAPES DE LA CREATION D'UN PROCESSUS A PARTIR D'UN MODELE D'ACTIVITES ORDONNEES	85
FIGURE III.15 — EXEMPLES DE MODELES BPMN GENERE A PARTIR D'UN MODELE D'ACTIVITES ORDONNEES OBTENU A PARTIR DE (HAUT) REGLES INTERNES OU (BAS) REGLES INTERNES ET EXTERNES.....	86
FIGURE III.16 — EXTRAIT DE LA BASE DE REGLE IMPLEMENTEE DANS ORIENTDB	87
FIGURE IV.1 — PROFIL INITIAL DU SERVICE ACHAT DU CE AIRBUS AVANT D'IMPLEMENTER LA DEMARCHE BPM	94
FIGURE IV.2 — ÉVOLUTION DE LA MATURITE BPM DU SERVICE ACHATS DU CE AIRBUS JUSQU'A LA MISE EN PRODUCTION DE SON PROCESSUS DE DEMANDE DE PRIX	96
FIGURE IV.3 — ÉVOLUTION DE LA MATURITE BPM DU CE-AIRBUS APRES LA MISE EN PRODUCTION DU PROCESSUS DE DEMANDE DE PRIX	97
FIGURE IV.4 — TRADUCTION DE LA REGLE EXTERNE EN EXIGENCE DE PROCESSUS SELON LE METAMODELE DE FORMALISATION DES REGLES.....	100
FIGURE IV.5 — MODELE DE REGLE APPORTE PAR LE CE AIRBUS	101
FIGURE IV.6 — LES ACTIVITES SIMILAIRES DU MODELE DE FORMALISATION DES REGLES.....	102
FIGURE IV.7 — CARTOGRAPHIE GENERALE DU CE AIRBUS.....	105
FIGURE IV.8 — GESTION DES DEMANDES DE PRIX - DIAGRAMME INTERMEDIAIRE : CREATION DES ELEMENTS	105
FIGURE IV.9 — GESTION DES DEMANDES DE PRIX - DIAGRAMME INTERMEDIAIRE : AJOUT DES LIENS ENTRE ELEMENTS	105
FIGURE IV.10 — GESTION DES DEMANDES DE PRIX - DIAGRAMME INTERMEDIAIRE : AJOUT DES LIENS MANQUANTS.....	106
FIGURE IV.11 — GESTION DES DEMANDES DE PRIX - DIAGRAMME INTERMEDIAIRE : AJOUT DES PORTES LOGIQUES	106
FIGURE IV.12 — 1 ^{ERE} PARTIE DU PROCESSUS DE GESTION DES DEMANDES DE PRIX, GENERE AVEC LE PROTOTYPE (EN HAUT) ET EN CONSEIL AVEC LE CLIENT (EN BAS).....	109
FIGURE IV.13 — 2 ^{EME} PARTIE DU PROCESSUS DE GESTION DES DEMANDES DE PRIX, GENERE AVEC LE PROTOTYPE (EN HAUT) ET EN CONSEIL AVEC LE CLIENT (EN BAS).....	110
FIGURE 1 - CADRE DE MATURITE, FONCTIONNALITES COUVERTES ET A VENIR.....	114
FIGURE F.1 — BASE DE REFERENCE POUR LA DETECTION DE SIMILARITE SEMANTIQUE ENTRE TERMES.....	138

Introduction Générale

Les entreprises structurent leurs activités de manière à atteindre leurs propres objectifs. Ces structures constituent leurs processus internes (Vernadat 1999). Depuis les années 1980, des myriades de méthodologies (van der Aalst 2013) ont vu le jour pour gérer et améliorer les processus opérationnels. Le Business Process Management (BPM) est une de ces méthodologies. Elle suggère un cycle de vie pour améliorer continuellement ses processus (vom Brocke et Rosemann 2015). Depuis les années 1980, le BPM est enseigné dans l'enseignement supérieur comme stratégie pour améliorer de nombreux aspects de la dynamique des entreprises (van der Aalst 2013) tels que l'agilité, la productivité ou la gestion des risques et la conformité. Pourtant quarante années après, et malgré les outils informatiques dédiés au BPM (Process Mining, Business Activity Monitoring...), les tentatives d'implémentation du BPM sont encore rarement couronnées de succès (Harmon 2018). Il devient nécessaire de mener une enquête approfondie sur les mises en œuvre pratiques du BPM afin d'identifier les principales difficultés rencontrées par les industriels et de les aider à mettre un place une approche BPM. Ce constat nous pousse à nous poser la question suivante : *comment guider la conception de nouvelles méthodes de mise en œuvre du BPM pour assurer le succès de la démarche auprès des organisations, en intégrant le potentiel des nouvelles technologies ?*

Ces travaux ont été réalisés dans le cadre d'une thèse CIFRE (Conventions Industrielles de Formation par la REcherche) dans la société Iterop, société d'édition d'un logiciel BPM du même nom. Son expertise dans le domaine et ses compétences de conseil en BPM ont été très profitables pour ces travaux et le cas concret d'application de ses recherches se porte sur sa collaboration avec un de ses clients. Le Centre Génie Industriel de IMT Mines Albi a également encadré cette thèse permettant ainsi de profiter de ses années d'expérience sur l'ingénierie des processus, l'ingénierie dirigée par les modèles et les Systèmes d'Information de Médiation.

Le manuscrit décrivant ces travaux est structuré comme suit :

- Le Chapitre I permet de comprendre cette problématique et explique la méthodologie de ce manuscrit pour tenter d'y répondre. Ce chapitre commence par revenir en détail sur le contexte : l'approche BPM. Il *présente le BPM* comme étant une méthode de gestion d'entreprise basée sur les processus et leur amélioration continue. Le principe du BPM repose sur une infinité de cycles de 4 étapes : la (re)conception des modèles de processus, l'orchestration

de ces modèles, le contrôle de l'avancement et l'analyse du fonctionnement. Dans un second temps, ce chapitre *définit la notion de maturité BPM* comme l'avancement d'une entreprise concernant l'intégration de la méthode dans son fonctionnement. Enfin, ce chapitre utilise une échelle de maturité BPM connue, le CMMI, pour évaluer le niveau de maturité BPM en Europe et en Amérique, nous permettant de constater une importante marge de progression possible.

- Afin de guider l'intégration de l'approche BPM dans une entreprise, le Chapitre II présente tout d'abord une *identification des composantes d'une entreprise qui contribuent à l'évolution de sa maturité* afin de *l'accompagner pour atteindre un niveau de maturité BPM optimal*. En constituant tout d'abord un état de l'art des référentiels d'évaluation de la maturité BPM et en se basant sur les difficultés rencontrées par les industriels, ce chapitre identifie trois axes caractéristiques de la maturité BPM permettant de construire un cadre non linéaire d'évaluation de la maturité BPM. Chacune des intersections des trois axes du cadre y est définie en termes d'objectifs à atteindre. Ce cadre peut être utilisé pour évaluer la maturité BPM globale d'une entreprise, mais il peut également servir à suivre l'implémentation d'un unique processus dans l'entreprise. Enfin, le cadre d'évaluation de la maturité BPM est utilisé pour localiser les difficultés généralement rencontrées par les entreprises lors de leurs tentatives d'intégration de la méthode ainsi que de positionner les outils existants nous permettant de surmonter certaines difficultés. Ainsi, ce chapitre présente un enchaînement des objectifs que nous considérons comme simple, car il profite au maximum d'outils existants et emprunte un minimum de difficultés. Cependant, cet enchaînement ne permet pas d'éviter la plus fréquente des difficultés rencontrées : la modélisation de la cartographie, c'est l'objectif que se fixe le Chapitre III.
- Une grande majorité des organisations qui souhaite mettre en pratique la théorie du BPM est découragée dès le début par la durée, la complexité ou les changements organisationnels fondamentaux que requiert la méthode (Rosemann 2014). Le XXI siècle voyant l'émergence d'une myriade de normes et de réglementations externes auxquelles les entreprises veulent ou doivent se conformer. Par conséquent, la conception de processus à la fois conformes à l'organisation et respectant les règles dictées par les normes se complexifie davantage. Le Chapitre III présente comment profiter des progrès technologiques de la dernière décennie afin *d'accompagner, de manière outillée, l'utilisateur dans la conception de sa cartographie de processus*. Le XXI siècle a marqué le début de l'intérêt croissant de la communauté scientifique pour les problèmes de conformité lors de la modélisation des processus. Les notions

d'agilité, d'ergonomie, de scalabilité, de stratégies et de modélisation des normes alimentent rapidement l'espace de conformité des processus métier (Hashmi et al. 2018). Ce chapitre revient d'abord sur les différentes technologies de la littérature traitant de la conformité syntaxique et sémantique des processus, permettant de constater un manque : ces outils ne sont généralement pas destinés à des utilisateurs non spécialistes de la modélisation et ne disposant d'aucun journal d'évènement de leurs processus. Ce chapitre présente une succession de deux transformations de modèles permettant d'obtenir une cartographie de processus à partir d'un ensemble de règles et de leurs interprétations par un expert.

- Le Chapitre IV illustre l'ensemble de la démarche à un cas concret : le Service Achats du CE Airbus souhaite intégrer l'approche BPM à son fonctionnement en commençant par informatiser la procédure de Demande de Prix. Dans ce chapitre, le cadre d'évaluation de la maturité, détaillé au Chapitre II, est utilisé pour constater le niveau initial de maturité BPM du CE Airbus. La méthode d'intégration de la démarche BPM au fonctionnement du CE Airbus est également suivie grâce aux préconisations du cadre, validant ainsi l'enchaînement des objectifs proposé dans ce manuscrit. Enfin, la proposition expliquée au Chapitre III est utilisée pour générer une cartographie de processus pour le service Achat, correspondant aux règles énoncées dans le cahier des charges. La cartographie obtenue y est comparée à la cartographie conçue en collaboration avec un consultant BPM, permettant ainsi de souligner les perspectives intéressantes avant d'industrialiser le prototype.

Chapitre I. De la théorie du Business

Process Management à sa pratique :

Contexte et Problématique

Cela peut être bon en théorie, mais ne vaut rien pratique.
Emmanuel Kant

I.1. INTRODUCTION

On appelle théorie un ensemble de règles pratiques, lorsque ces règles sont conçues comme des principes ayant une certaine généralité, et que l'on fait abstraction d'une foule de conditions qui pourtant exercent nécessairement de l'influence sur leur application (Kant 2016). Toute théorie a pour but d'être un jour éprouvée dans un cadre applicatif afin de montrer sa robustesse et de pouvoir prouver son utilité. Le Business Process Management (BPM) est une méthodologie théorique ayant pour objectif d'augmenter l'efficacité, l'efficience et la pertinence de l'organisation qui l'applique (Kemsley 2006).

La deuxième révolution industrielle à la fin du 19^e siècle marque le début des techniques de production de masse. Tout au long du 20^e siècle, de nombreuses théories pour améliorer la production (Taylorisme, Fordisme, Toyotisme...) sont apparues. L'Organisation Scientifique du Travail (OST) encourage une division technique du travail, et les industries intègrent aisément le concept. Chaque entreprise peut ensuite personnellement structurer ses activités de manière à atteindre ses propres objectifs. En 1967, le terme de « processus métier » est utilisé pour la première fois par S. Williams (Vernadat 1999). Les années 1980 (van der Aalst 2013) marquent la naissance de nombreuses méthodologies pour gérer et améliorer les processus opérationnels. En 1986, W. Edwards Deming présente ses principes clés pour améliorer l'efficacité opérationnelle (Saunders et Saunders 1994). Dans les années 1990 naissent les principes de Management de la Qualité Totale et de Réingénierie des Processus (Hackman et Wageman 1995). Parallèlement, des outils informatiques d'intégration d'application d'entreprise sont développés. Ils comprennent, par exemple, des fonctionnalités de gestion de production assistée par ordinateur, d'intégration des opérations et des informations, et intègrent le pendant informatique des processus métier : *les workflows*. Tous ces concepts découlent directement d'un besoin industriel, attestant

qu'au cours du siècle dernier, les théoriciens et les industriels travaillaient en synergie.

Dès 1990, l'ingénierie des entreprises suscite l'intérêt du monde de la recherche et la Workflow Management Coalition (WfMC) est créée. La WfMC est chargée de la gestion des workflows d'entreprise et de l'interopérabilité des systèmes de gestion de workflow. En 1999, David McCoy évoque pour la première fois le terme de Business Process Management (BPM). L'approche BPM, que nous décrivons plus en détail dans le paragraphe I.2, et ses technologies associées ont ensuite été largement développées par les universitaires. Les méthodologies de gestion des processus métier ont été enseignées dans les universités comme stratégies pour améliorer de nombreux aspects d'une entreprise (van der Aalst 2013) comme l'agilité, la productivité ou la gestion des risques et la conformité.

Vingt ans après ses débuts, le monde de la recherche (Recker et Mendling 2016) a largement progressé dans ses développements théoriques de l'approche BPM : Identification et découverte de processus, implémentation, exécution, surveillance et contrôle des processus, analyse et reconception de workflows... Pourtant il semble que le monde industriel n'arrive pas à suivre (Recker et Mendling 2016) et que petites et grandes entreprises ne s'accordent pas sur la définition même du BPM.

Compétitivité, performance et souvent ambitions de certification nourrissent l'envie des industriels de comprendre et d'appliquer la démarche BPM. Les théoriciens se doivent, aujourd'hui, d'accompagner les industriels dans leur démarche BPM, notamment en tirant profit des technologies BPM émergentes ou apparues ces dernières années (et qui n'ont pas forcément été réellement prises en compte lors de la conduite des réflexions autour du BPM et de sa mise en place). Il est grand temps pour le monde de la recherche d'aider les industriels à rattraper leur retard sur les technologies BPM existantes. Les méthodologies BPM devraient être plus souvent couronnées de succès, et il est urgent de mener une enquête approfondie sur les mises en œuvre pratiques du BPM afin d'identifier les principales difficultés rencontrées par les industriels et de les aider à combler ces lacunes. Sur le plan sociétal, les travaux décrits dans cette thèse visent à **guider l'intégration de la démarche BPM pour assurer son succès auprès des industriels, en intégrant le potentiel des nouvelles technologies.**

La section I.2 présente la démarche BPM dans sa globalité : définition et application industrielle. La section I.3 résume le contexte de cette thèse et les ambitions qu'elle nourrit. Enfin, la section I.4 définit une grille de lecture pour la suite du manuscrit.

I.2. LE BUSINESS PROCESS MANAGEMENT

La méthode BPM (détaillée dans la section I.2.1) a donné des résultats satisfaisants pour de grandes entreprises comme Ford Motor Co. et Wal-Mart (Al-Mashari et Zairi 1999). La section I.2.1 définit en détail le principe du BPM. L'étude menée par la société BPTrends (Harmon 2018) montre pourtant que les industries européenne et américaine n'appliquent pas la démarche BPM de façon systématique. La section I.2.2 définit la notion de « Maturité en BPM » et revient sur les résultats de cette étude pour constater le niveau de maturité des entreprises américaines et européennes. La section I.2.3 évoque quelques pistes de solutions qui permettraient d'améliorer ce niveau de maturité BPM constaté.

I.2.1. Vue d'ensemble du BPM : la théorie

D'après la définition de (vom Brocke et Rosemann 2015), le Business Process Management (BPM) est une approche qui encourage la gestion d'une entreprise grâce à des modèles de processus métier (section I.2.1.1) et qui suggère un cycle de vie pour continuellement les améliorer (section I.2.1.2).

I.2.1.1. Les modèles de processus

I.2.1.1.1. Qu'est-ce qu'un modèle de processus

Un modèle est une représentation selon un formalisme préalablement défini (le métamodèle) du point de vue d'un sujet d'étude (Portier et Caplat 2008). En d'autres termes, un modèle est une représentation d'une partie d'un concept réel en vue de le comprendre et/ou d'en prédire le comportement. Le cadre CIMOSA représente une entreprise comme un ensemble de quatre modèles fondamentaux : les modèles organisationnel, de ressources, informationnel et fonctionnel (Kosanke 1995). Les modèles de processus couvrent les modèles fonctionnels et une partie des modèles informationnels, organisationnels et de ressources (Benaben 2012). L'ensemble des processus représentant le point de vue fonctionnel de l'entreprise peut être organisé de façon cohérente à travers une cartographie de processus d'une entreprise (Mu 2012). Ils peuvent être répartis selon trois catégories (ISO, EN 2015) : (1) les processus opérationnels au cours desquels l'organisation apporte sa valeur ajoutée, (2) les processus décisionnels qui définissent le cadre stratégique dans lequel évoluent les processus opérationnels et (3) les processus supports qui permettent aux processus opérationnels de fonctionner correctement.

Hammer & Champy (1993) définissent un processus comme étant « un ensemble d'activités partiellement ordonnées destinées à atteindre un but », et la norme ISO 9000 : 2015 (ISO, PNEN 2015) définit une activité comme une action « qui transforme des éléments d'entrée en éléments de sortie ». Nous pouvons donc définir un processus comme étant le séquençement choisi des compétences à disposition afin d'atteindre des objectifs qui lui sont propres.

Les processus étaient initialement formalisés afin de fournir une base de discussion et de réflexion claire et lisible (Epstein 2008). Depuis les années 2000, des logiciels BPM, les BPMS (Business Process Management Software) ont été développés (Bizagi, Bonitasoft, Flokzu, Iterop, Kissflow, Signavio, WorkflowGen, ect). Les BPMS permettent de modéliser des processus et la plupart d'entre eux fournissent également un moyen de les orchestrer, c'est-à-dire de supporter l'exécution d'un processus sur la base de son modèle. Aujourd'hui les processus sont donc en grande partie formalisés pour être implémentés dans des BPMS.

En adoptant une vision « enchaînement d'activités » pour représenter son fonctionnement, une entreprise décide de représenter de manière transversale ses processus internes. Cette vision permet de s'approcher au mieux de ce que perçoit le client (Morley, Gillette, et Bia-Figueiredo 2011) : un enchaînement de transformations, d'éléments (physique ou numérique) d'entrées en éléments de sortie, pour obtenir le produit désiré (les processus orientés flux) ou bien un ensemble d'évènements déclencheurs d'activités (les processus orientés évènements). Ces deux modèles complémentaires permettent de représenter deux points de vue différents d'un même système. Ensemble ils permettent d'appréhender le fonctionnement des activités liées à un processus.

Les deux sections suivantes présentent les deux types de processus orientés flux et évènements tous deux appliqués au cas d'une entreprise fictive : Turkaway.

L'entreprise Turkaway spécialisée dans la vente en ligne et la livraison de dindes est composée d'une équipe de trois personnes : un chef cuisinier, un préparateur de commande et un agent commercial. Jusqu'à aujourd'hui, l'entreprise fonctionnait grâce au bon sens de chacun et chaque commande finissait toujours par être livrée dans les temps. Mais depuis peu, la clientèle de Turkaway s'est élargie et certaines commandes ne sont plus honorées à temps. Turkaway cherche donc aujourd'hui à formaliser son fonctionnement pour optimiser la réalisation de ses commandes. Dans un premier temps, Turkaway fait l'inventaire des actions généralement réalisées par son équipe pour assurer la commande : le site internet de Turkaway permet à un client de passer commande ainsi que de payer en ligne. Le chef cuisinier de l'équipe prépare et cuit les dindes commandées. Le préparateur de commande est chargé de les emballer et

de les envoyer par transporteur aux clients. L'agent commercial s'occupe de vérifier que la commande a bien été réglée et livrée.

Une fois ses compétences à disposition répertoriées, Turkaway peut concevoir son processus de production.

Processus orientés flux

Il est possible de représenter un processus en adoptant le point de vue des flux. Un flux représente une information ou un produit qui transite dans le système et qui participe à la réalisation d'une activité devant respecter des consignes et atteindre des objectifs. La Figure I.1 montre comment une activité doit être représentée selon la norme IDEF0/SADT (Structured Analysis and Design Techniques) (David A et Clement L. 1987) dans un processus orienté flux.

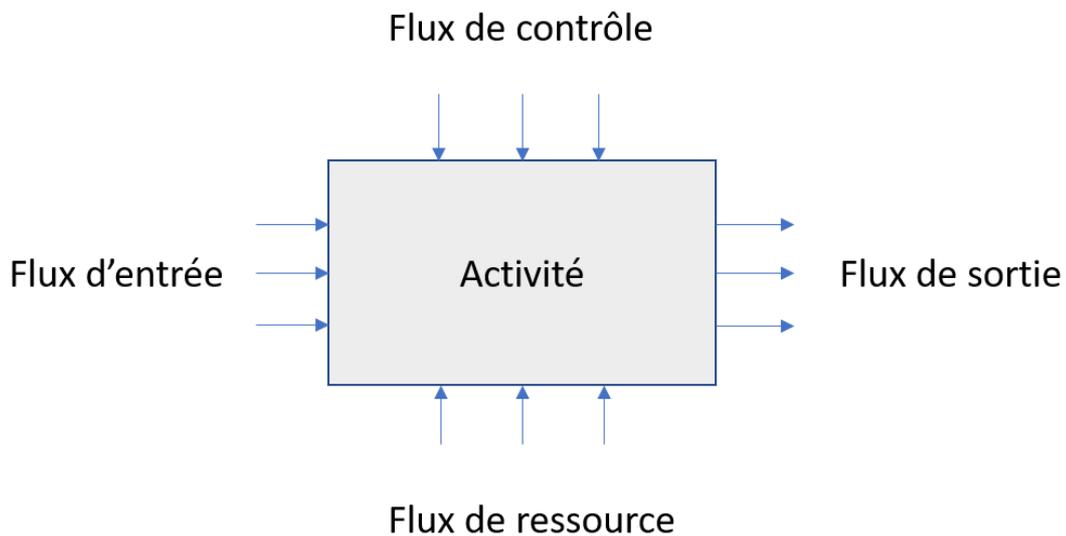


Figure I.1 – Représentation SADT générique d'une activité dans un diagramme de processus orienté flux

Une activité transforme des flux d'entrée (initiales) en flux de sortie (initiales transformées). Les flux de contrôle représentent les informations qui cadrent et fournissent des objectifs pour l'activité, les flux de ressource renseignent les acteurs et outils qui servent à sa réalisation.

Un diagramme de processus orienté flux montre l'interdépendance entre les activités en fonctions des flux qu'elles produisent et utilisent. Cette interdépendance est non seulement horizontale (un flux de sortie d'une activité pouvant être le flux d'entrée d'une autre activité, voire son flux de ressources ou son flux de contrôle), mais également verticale (une activité peut être composée de sous-activités organisées de manière cohérente avec la consommation des flux d'entrée, de ressource et de contrôle et la génération des flux de sortie). Cependant,

cette représentation ne comporte aucune information temporelle. Les activités sont ordonnées logiquement et non stratégiquement.

La Figure I.2 représente le fonctionnement de l'entreprise Turkaway dans un modèle de processus orienté flux. Pour Turkaway, un client peut passer commande sur le site internet ; il peut choisir parmi un ensemble de préparations et de garnitures disponibles à la carte. Cela permet de générer un Bon de commande (contenu de la commande, coordonnées de contact du client, adresse de livraison). La commande peut être réglée directement en ligne par le client et l'agent commercial validera le paiement. La dinde est préparée puis cuite par le chef, comme indiqué dans la commande. La dinde cuite est emballée par le préparateur de commande qui est également chargé de la préconception du colis. Le colis est ensuite remis à une compagnie de livraison chargée de livrer la marchandise à l'adresse indiquée. Le commercial prévient le client du départ de son colis.

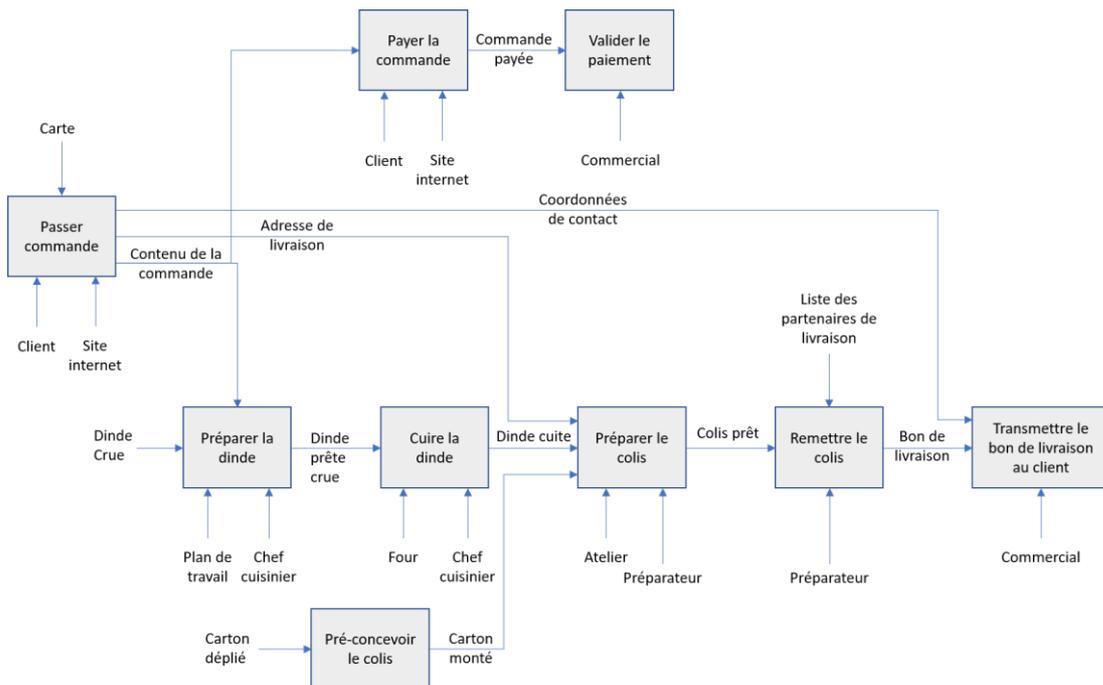


Figure I.2 — Processus orienté flux de l'entreprise Turkaway

Les diagrammes de processus orientés flux permettent d'acquérir une vision « matière » très utile, mais ils ne permettent pas de représenter de décisions stratégiques d'organisation. Par exemple, il n'est pas possible avec ce type de représentation de décrire le séquençement entre deux tâches qui ne partagent aucun flux. Par exemple, Turkaway pourrait souhaiter attendre la validation du paiement par le client avant de remettre le colis au livreur. C'est pourquoi les BPMS

fonctionnent principalement à partir des modèles de processus orientés évènements décrits dans la section suivante.

Processus orientés évènements

Dans un modèle de processus orienté évènement, les compétences sont séquencées les unes par rapport aux autres. Le Business Process Modeling Notation (BPMN) est un langage permettant de représenter les processus orientés évènements. L'annexe A détaille les éléments clés qui permettent de construire ce type de modèle, l'intégralité de la norme BPMN est présentée par (OMG 2013). Dans un modèle BPMN, les activités sont des carrés, les évènements sont des ronds, et les choix logiques sont des losanges. Les flux séquentiel l'ordre dans lequel s'enchaînent les éléments. Un processus commence et se termine par un évènement. Les évènements et les activités se suivent linéairement et seules les portes logiques permettent d'apporter un changement à cette linéarité : en créant de nouvelles branches ou en permettant d'en rassembler, elles créent la notion de tâches parallèles ou alternatives la Figure I.3 présente un exemple de modèle BPMN.

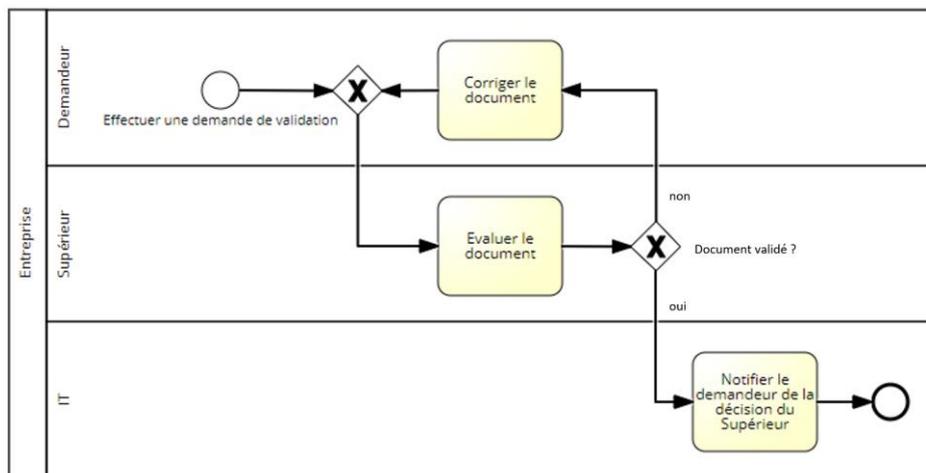


Figure I.3 – Exemple d'un Modèle BPMN

Le processus BPMN de la production de Turkaway est présenté en Figure I.4. L'évènement déclencheur du processus de Turkaway est la commande en ligne faite par le client. Une fois la commande enregistrée, il peut la régler en ligne, l'agent commercial de l'équipe lui fera un retour lorsque le paiement sera enregistré. En cas d'erreur dans le paiement, le commercial se mettra directement en relation avec le client pour l'aider à régler (réessayer le paiement en ligne, un chèque postal, un virement bancaire...), le client peut décider d'annuler sa commande. Un jour avant la date de livraison, le chef cuisinier prépare et cuit la commande et le préparateur conçoit le colis. Lorsque le colis est fini d'être préparé et que

la commande a bien été payée, le colis est remis au livreur pour envoi au demandeur. Le commercial prévient le client que sa commande est en chemin.

Le principal objectif de la norme BPMN pour modéliser les processus est d'être compréhensible par les multiples utilisateurs du processus : les acteurs, les concepteurs mais aussi les spécialistes informatiques chargés de les intégrer dans les BPMS. En effet, ce type de modèle permet ensuite de facilement générer un diagramme exécutable par des BPMS. En servant de standard de modélisation compréhensible par toutes les parties prenantes dans la démarche BPM, le BPMN constitue déjà une brique importante pour répondre à notre problématique sociale : accompagner les utilisateurs dans leur démarche BPM. Pour cette raison, cette thèse se concentrera uniquement sur l'utilisation des modèles BPMN.

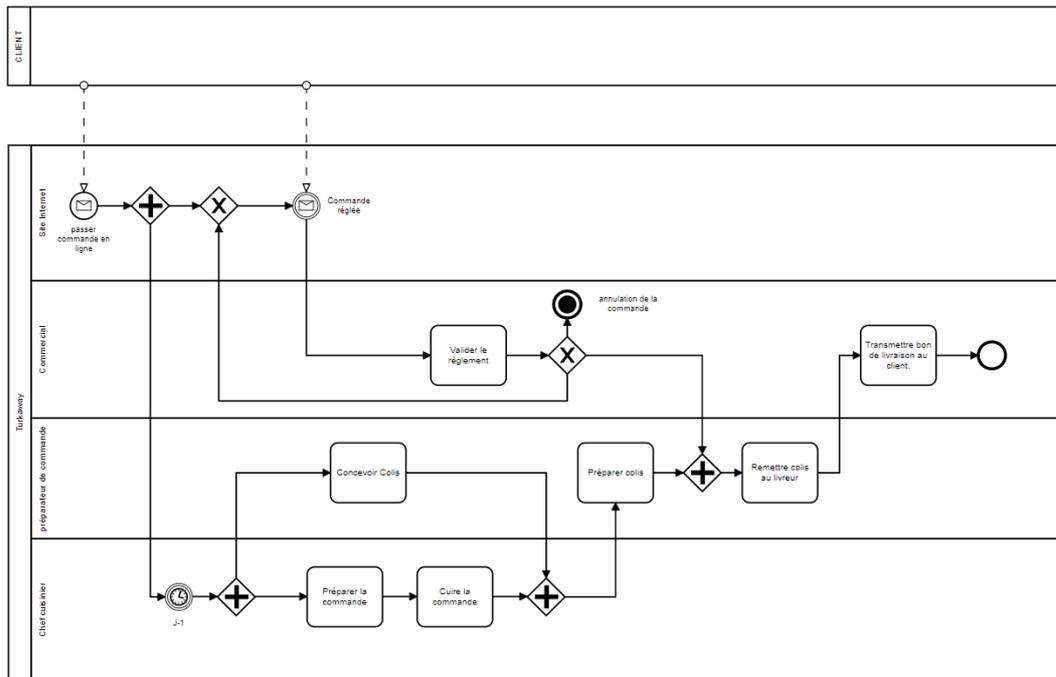


Figure I.4 – Processus orienté événement (BPMN) de l'entreprise Turkaway

I.2.1.2. Démarche BPM

Au-delà d'encourager les entreprises à formaliser leur fonctionnement sous la forme de processus, la démarche BPM constitue tout un cycle de vie permettant aux modèles d'être pertinents et d'être améliorés au cours du temps (Dumas et al. 2013).

Selon (ter Hofstede et Weske 2003), et comme le montre la Figure I.5, le BPM rassemble des méthodes, techniques et logiciels pour (i) concevoir et configurer, (ii) exécuter, (iii) contrôler et (iv) diagnostiquer les processus. En d'autres termes, le BPM repose sur une démarche itérative consistant à (i)

formaliser la manière dont les opérations sont conduites dans l'entreprise (Conception et Configuration), (ii) jouer les processus tels qu'ils ont été conçus (Exécution), (iii) collecter les données et suivre les KPI (Contrôle) et (iv) déduire les points d'améliorations des processus, lesquelles sont ensuite appliquées à l'itération suivante (Diagnostic). Cette démarche de gestion des processus a pour objectif de supporter la démarche d'amélioration continue d'une entreprise. La section suivante évalue le succès de la méthode vingt ans après ses débuts.

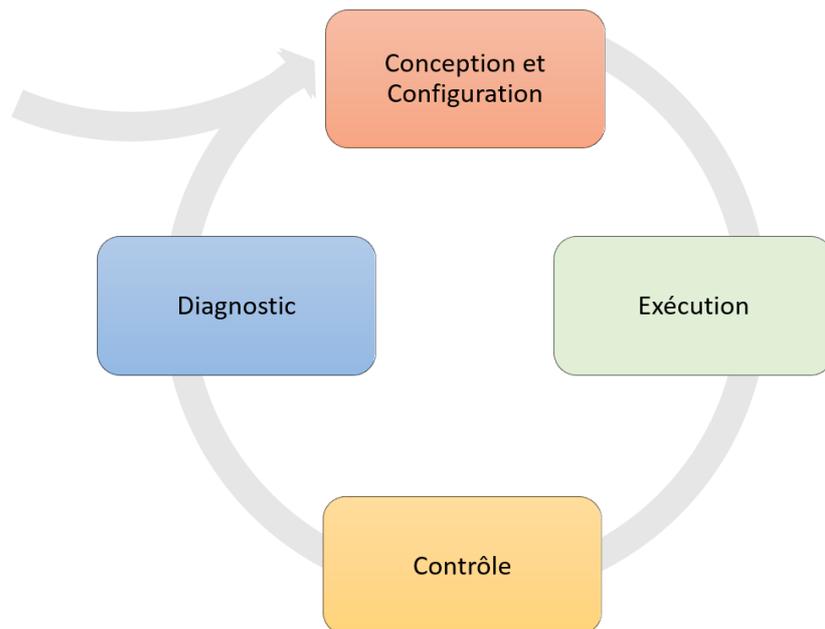


Figure I.5 – Business Process Management (BPM) selon van der Aalst, Netjes, & Reijers, (2007)

I.2.2. La maturité BPM en pratique

La maturité est définie comme « l'état d'être complet, parfait ou prêt » et « la plénitude ou la perfection de la croissance ou du développement » (Oxford University Press 2012). Une entreprise mature sur le plan du BPM est une entreprise qui applique la totalité de la démarche BPM pour l'ensemble de ses activités, et donc processus, internes. Face à la difficulté de noter la maturité d'une entreprise uniquement sur ce critère, des modèles de maturité ont été créés afin de mettre en évidence les points bloquants de la démarche rencontrés par chacune. Les modèles de maturité BPM sont par conséquent des modèles conceptuels fournis pour évaluer la maturité à travers plusieurs étapes désirées ou logiques, appelées les niveaux de maturité (Gottschalk 2009). La section I.2.2.1 présente le cadre le plus connu dans le monde industriel : le Capability Maturity Model Integration (CMMI). La section I.2.2.2 se sert de ce cadre pour évaluer le niveau de maturité BPM européen et américain.

I.2.2.1. CMMI

Le Capability Maturity Model Integration (CMMI) est un référentiel de maturité BPM composé de cinq niveaux progressifs (Chrissis, Konrad, et Shrum 2008) , ils sont représentés en Figure I.6. Un niveau est atteint si l'entreprise respecte les bonnes pratiques qu'il décrit.

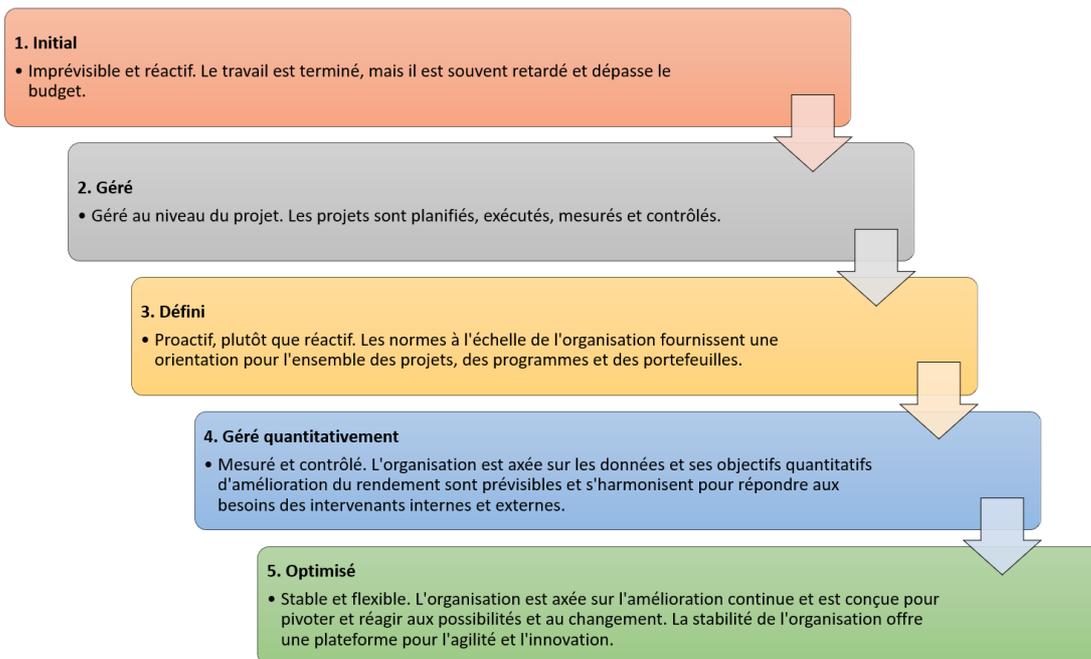


Figure I.6 – Vue d'ensemble du Capability Maturity Model Integration selon (Chrissis, Konrad, et Shrum 2008)

I.2.2.1.1. Niveau 1 : Initial

Les organisations de niveau 1 ne sont pas dirigées par les processus. Les objectifs et les moyens pour les atteindre sont définis au jour le jour. Une entreprise de niveau 1 suit une culture dite « du héros », faisant référence à celui qui parvient à sauver une situation peu commune, souvent à la dernière minute. Personne ne sait exactement le temps que prend un processus ni même les ressources nécessaires.

Une entreprise de niveau 1 n'a pas de processus formalisés et fonctionne grâce à l'expérience et la bonne volonté de son équipe.

I.2.2.1.2. Niveau 2 : Quelques Processus définis

Une entreprise qui commence à formaliser ses processus internes commence généralement par ces processus centraux, ceux qui font son métier et qui lui apportent sa valeur ajoutée. À ce niveau de maturité, une entreprise ne

formalise pas encore la totalité de son fonctionnement sous la forme de processus corrélés, mais uniquement de longs processus indépendants.

Une entreprise de niveau 2 a défini quelques-uns de ses processus principaux.

1.2.2.1.3. Niveau 3 : La plupart des Processus définis

La cartographie d'une entreprise de niveau 3 est composée d'une grande partie de ses processus. Les processus métier sont à présent accompagnés des processus support et décisionnels qui permettent à l'entreprise de fonctionner. Les entreprises de niveau 3 ont généralement une cartographie générale de leurs processus montrant la relation qu'ils entretiennent les uns avec les autres. C'est ainsi qu'une entreprise de niveau 3 est capable de connaître exactement les impacts que causerait le changement d'un de ses processus.

Une entreprise de niveau 3 possède une cartographie de ses processus.

1.2.2.1.4. Niveau 4 : Les Processus sont contrôlés

Les entreprises de niveau 4 vont bien au-delà de la simple définition de leurs processus. Elles ont des « responsables de processus » qui récoltent des données grâce à des indicateurs afin de contrôler leur performance. Ils utilisent ses données pour mettre en évidence le dysfonctionnement des processus au sein des périmètres qu'ils contrôlent.

Les entreprises de niveau 4 récoltent des données terrain pour contrôler leurs processus.

1.2.2.1.5. Niveau 5 : Les processus sont améliorés continuellement

Les entreprises de niveau 5, on mit en place des systèmes leur permettant d'assurer l'amélioration continue de leurs processus. À partir des indicateurs de performance remontés par les responsables de chaque processus, elles diagnostiquent leur cartographie pour identifier les causes des dysfonctionnements et proposer une amélioration à leurs processus.

Les entreprises de niveau 5 améliorent continuellement leur cartographie.

1.2.2.1.6. Conclusion

Il est maintenant possible d'évaluer le niveau de maturité BPM de l'entreprise Turkaway. À la suite de la réflexion menée par l'équipe concernant son processus de production, nous pouvons considérer que l'entreprise est en bonne voie pour atteindre le niveau 2 de maturité CMMI : ses processus opérationnels seront partiellement définis. Pour

atteindre le niveau 3, il faudra que l'équipe mène la même réflexion concernant ses processus décisionnels, en charge des décisions stratégiques, et concernant ses processus supports, qui permettent aux processus opérationnels de fonctionner correctement.

Grâce à ce cadre qu'est le CMMI, il est possible d'être plus précis pour évaluer le niveau réel de maturité d'une entreprise. La section suivante utilise ce cadre pour mesurer le niveau de maturité en BPM européen et américain.

1.2.2.2. Niveau de maturité BPM en Europe et en Amérique

De nombreuses grandes organisations ont témoigné des bénéfices que leur a permis d'acquérir la démarche BPM (agilité, productivité, réduction des risques et des coûts, conformité...) depuis les années 90 (Harmon et Wolf 2016). Pourtant l'approche ne parvient pas encore à stratégiquement s'intégrer dans des entreprises de taille plus modeste. (Imanipour, Talebi, et Rezazadeh 2012) ont révélé qu'entre 60 % et 80 % des tentatives de mise en œuvre du BPM échouent, ils mettent également en lumière de nombreux facteurs d'échec parmi lesquels nous pouvons trouver les faibles connaissances des approches processus ou bien le manque de clarté stratégique de l'entreprise.

En 2005, la société BPTrends a conçu une étude permettant d'évaluer le niveau de maturité BPM du monde industriel selon le cadre du CMMI (Hall et Harmon 2005). En 2007, 2009, 2011, 2013, 2016 et 2018, la société a reconduit cette étude (récemment sensiblement modifiée et renommée «The state of the BPM Market») afin de pouvoir mesurer l'évolution de cette maturité même si seulement 53% des répondants de 2016 avaient également répondu à une des études des années passées. En 2005, le nombre de répondants à l'étude était de 348, contre 116 en 2015. Cette baisse peut s'expliquer par le nombre grandissant d'études sur le BPM divisant par autant le nombre d'avis fournis pour une étude. Les répondants sont principalement des intervenants BPM (44%) et des gestionnaires (17%) qui s'intéressent suffisamment à l'approche processus pour être des lecteurs de BPTrends. Étant donnée la répartition géographique des répondants en 2016 (plus de 50% des répondants sont européens ou américains), l'étude mentionne notamment qu'il n'est pas concevable de déduire des résultats obtenus une tendance mondiale sur la maturité BPM. En revanche il est possible de statuer sur le niveau de maturité BPM des entreprises de ses deux continents. 58% des répondants travaillent dans une entreprise de plus de 2000 employés et les entreprises travaillant dans la finance et les assurances (30%) sont les plus représentées.

Avec un niveau d'engagement en constante progression (En 2017, 90% des répondants déclarent avoir entamé la démarche dans leur entreprise, contre 74% en 2005), 52 % du panel seulement considère avoir documenté entre 1 et 30 % de leurs processus métier (Harmon 2018), nous permettant d'estimer le niveau de maturité du panel des répondants entre 2 et 3 selon le cadre du CMMI. Ce faible niveau de maturité BPM nous pousse à nous interroger sur les causes du faible niveau de maturité en BPM.

I.2.3. Le chemin à parcourir entre théorie et pratique : pistes de réponse

Les méthodes BPM existent depuis la fin du siècle dernier, époque où les BPMS n'étaient ni équipés ni conçus pour supporter l'orchestration des processus dans les organisations. Dans ce contexte, les approches de modélisation n'ont pas été initialement conçues pour intégrer des systèmes informatiques, des sources de données et des outils logiciels qui aujourd'hui pourraient (et devraient peut-être) être impliqués dans la facilitation et la fluidité du comportement de l'organisation.

Les approches de modélisation des processus métier et, plus généralement, du comportement des organisations doivent intégrer ce passage d'un mode où les processus étaient modélisés pour être gérés opérationnellement par les acteurs humains de l'entreprise à un mode où ils s'appuient sur des BPMS capables de les orchestrer. Les méthodologies de BPM devraient intégrer ce nouvel aspect. Les nouvelles théories BPM devraient être fondées sur les nouvelles fonctionnalités qu'offrent les BPMS.

Les BPMS se sont beaucoup développés au cours des années 2000 pour répondre à la demande des industriels à la recherche d'un moyen d'informatiser la méthode (Ko, Lee, et Wah Lee 2009). De plus en plus d'organisations adoptent ces BPMS, également connus sous le nom de Process-Aware Information Systems (PAIS), pour gérer et exécuter leurs processus (Yongsiriwit 2017). Selon l'étude de (Harmon 2018), 70 % des répondants déclarent utiliser des logiciels BPM pour modéliser leurs processus parmi lesquels 80 % ne sont pas encore totalement convaincus : 55 % des répondants estiment encore être dépassés par la quantité de processus à (re) modéliser.

En ligne avec leur objectif social (assurer le succès industriel de la démarche BPM), les travaux décrits dans cette thèse souhaitent mettre en évidence les défis rencontrés par les industriels afin de les ordonner et de proposer un moyen de les relever en profitant de toutes les capacités qu'ils ont à disposition, dont les fonctionnalités des BPMS qui permettent de faire davantage qu'une simple

modélisation. Pour atteindre un tel objectif, il s'avère nécessaire de caractériser la maturité BPM d'une entreprise en prenant en comptes ces capacités, ce qui signifie qu'il faut tout d'abord **identifier ce qui caractérise la maturité BPM au travers des technologies existantes (Objectif scientifique 1)**. Cette identification doit tout d'abord permettre de mesurer la maturité globale d'une organisation en matière de mise en œuvre du BPM ainsi que de proposer les prochaines étapes nécessaires pour obtenir un meilleur niveau de maturité.

Un alignement adéquat de l'infrastructure des technologies de l'information (IT) et de la stratégie de réingénierie des processus métier (BPR) est un facteur clé de succès pour la mise en œuvre d'une stratégie de BPM (Al-Mashari et Zairi 1999; Indulska et al. 2009; Recker et Mendling 2016). Mais malgré le partenariat naturel qui a toujours existé entre le BPM et les technologies de l'information (Davenport et Short 1990), les acteurs industriels n'ont pas encore pleinement exploité l'idée de mieux exploiter l'informatique pour mettre en œuvre une stratégie BPM (Yongsiriwit 2017). C'est pourquoi ce projet vise à **proposer une nouvelle méthode d'implémentation du BPM basée sur les outils technologiques existant afin d'en assurer le succès industriel (Objectif scientifique 2)**.

I.3. AMBITIONS DE LA THESE

Cette thèse CIFRE résulte d'un rapprochement entre le laboratoire du Centre Génie Industriel de l'École des Mines d'Albi et de l'entreprise Iterop basée à Colomiers. De par la cohésion forte qui unit les deux parties, les travaux décrits dans cette thèse disposent d'une base scientifique et industrielle bien ancrée dans le domaine du BPM.

I.3.1. Les travaux du Centre Génie Industriel : MISE et RIO

Les travaux du Centre Génie Industriel de l'École des Mines d'Albi relèvent de la volonté de supporter des collaborations d'organisations par l'intermédiaire du déploiement agile de systèmes d'information de médiation. En 2004, le centre initie le projet Mediation Information System Engineering (MISE) dont l'objectif général est de rapidement concevoir des systèmes d'information inter-acteurs (médiateurs) dynamiques et agiles, et de les maintenir en ligne avec des contextes et des objectifs fluctuants (Benaben et al. 2015). MISE présente une démarche de

construction, à partir de l'expression d'un métier, d'une cartographie BPM agile assurant l'interopérabilité des SI d'organisations.

La démarche MISE se découpe en cinq grandes étapes. La Figure I.7 présente une vue d'ensemble de la démarche :

1. Recueil de l'information et de la connaissance relative à la situation considérée (contexte, objectifs, moyens) et création du modèle de collaboration.
2. Proposition d'une solution réaliste, efficace et adaptée au modèle de collaboration : Le modèle de dynamique collaborative.
3. Création du modèle de SI de médiation : formalisation cohérente avec le modèle de dynamique collaborative et en adéquation avec les technologies à disposition.
4. Implémentation et exécution de la solution
5. Gestion de l'agilité du système : permet de revenir sur les différents modèles générés.

Une particularité notable du projet MISE est qu'il est alimenté par les résultats de thèses que l'on peut voir comme des briques complémentaires au sein du projet. Une grande partie de ces thèses a donné naissance à un démonstrateur. Grâce à une architecture orientée services, R-IO Suite est né de l'intégration de chaque composant sous la forme de web services.

Dans une première itération MISE 1.0, les thèses de (Touzi et al. 2009; Rajsiri et al. 2010; Truptil 2011) ont progressivement étudié l'obtention des trois modèles ainsi que leur implémentation. MISE 2.0 propose la génération d'une cartographie plutôt que d'un unique processus collaboratif (Mu 2012), l'automatisation de la réconciliation services – données (Boissel-Dallier 2012), la prise en charge de l'agilité par gestion des événements (Barthe-Delanoë et al. 2014) et la prise en compte des exigences non fonctionnelles (Zribi et al. 2013). La troisième itération MISE 3.0 a concerné les applications des travaux 2.0 au domaine de la gestion de crise routière (Macé-Ramète et al. 2014), ainsi que la création d'une plateforme Cloud de définition de modèles de comportements collaboratifs (Montarnal 2015) en utilisant un outil de réconciliation syntaxique et sémantique entre concepts de métamodèles (Wang, Truptil, et Benaben 2017). Par la suite, R-IO Suite a naturellement été complété par des outils de générations automatiques de modèles de situation (Fertier et al. 2018) et de collaboration (Bidoux 2016). Ces travaux constituent la base scientifique sur laquelle cette thèse s'appuie.

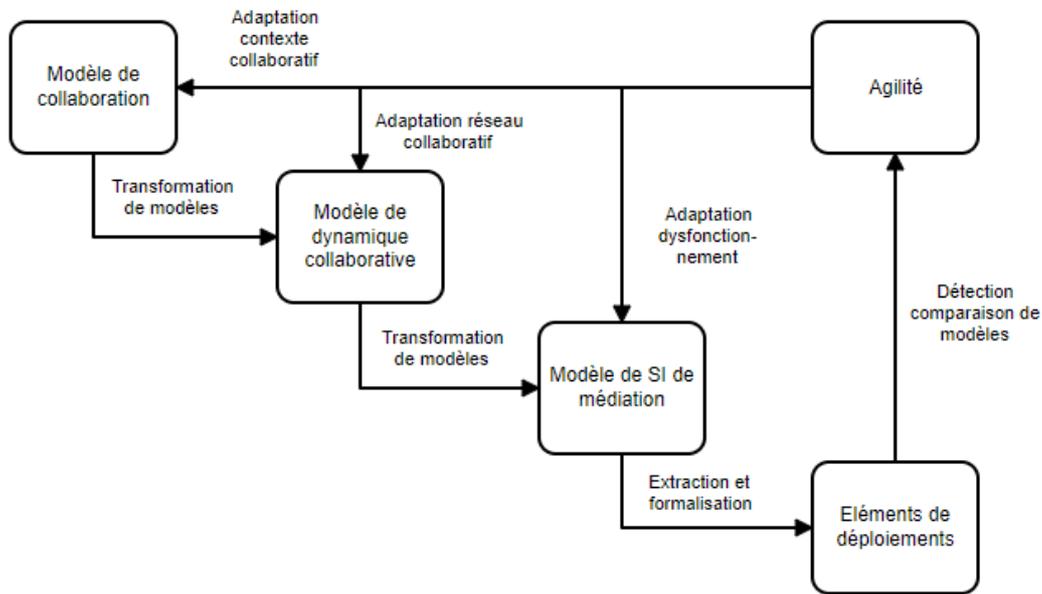


Figure I.7 — Vue d'ensemble de la démarche MISE par (Benaben 2012)

I.3.2. Iterop

Iterop est une société innovante d'édition de logiciels créée en avril 2013. Elle a été fondée par Aurélien Codet de Boisse et Nicolas Boissel-Dallier, deux docteurs du Centre Génie Industriel de l'école des Mines Albi. À la suite de leurs thèses, les fondateurs, convaincus de l'intérêt industriel des travaux du laboratoire, ont développé un BPMS simple à utiliser, rapide à mettre en place et adapté à tous les secteurs d'activité (Industrie, secteur public, banque & assurance, services, transports...).

L'équipe Conseil d'Iterop accompagne certains de ses clients dans l'implémentation de leur démarche BPM. Ce rôle permet aux consultants de constater que le BPM ne peut pas être implémenté n'importe comment : la mentalité BPM sera bien plus facilement intégrée si les processus sont travaillés progressivement dans leur intégralité (amélioration comprise) avant d'ajouter un autre processus à la cartographie.

Au-delà de ce conseil, il est aussi très souvent constaté que de nombreux clients se retrouvent bloqués face aux défis de la modélisation : syndrome de la page blanche, complexité des processus, rétention d'information des collaborateurs, règles et lois à respecter, etc. La première modélisation d'une cartographie est une étape clé qu'il faut mener correctement pour que la démarche BPM puisse débuter sur une base saine. C'est pourquoi Iterop considère qu'il est

important d'outiller la modélisation avec des fonctionnalités qui puissent aider les utilisateurs à rapidement obtenir un modèle de processus.

I.4. SUITE DU MANUSCRIT

Cette thèse a pour objectif scientifique de **définir les composantes d'une entreprise qui contribuent à l'évolution de sa maturité et de l'accompagner pour atteindre un niveau de maturité BPM optimal**. À la manière d'un marcheur s'apprêtant à gravir une montagne, nous souhaitons le guider jusqu'à son point culminant (maturité BPM maximum) le plus sereinement possible.

Ce premier chapitre met l'accent sur le positionnement actuel de notre randonneur, et le distant objectif qu'il s'est fixé. Il n'y a pour l'instant aucun indice sur les difficultés ni les bonnes surprises qu'il pourrait rencontrer au cours de son périple. Notre premier défi consistera donc à **représenter le paysage de cette montagne de la maturité** (les différentes étapes à atteindre pour devenir mature en BPM) : **avec ses reliefs, forêts, pièges et éboulements** (les difficultés pour atteindre ses étapes), **mais aussi ses toboggans, tapis roulants et téléphériques** (les outils existants permettant de faciliter l'implémentation de la démarche). C'est l'objectif de notre Chapitre II, qui prendra également le temps de proposer un itinéraire possible pour atteindre le sommet sans trop d'effort.

Puisqu'il est fort peu probable de trouver un chemin qui ne passe par aucune des difficultés préalablement identifiées, cette thèse a pour deuxième défi d'identifier certaines difficultés qu'il n'est pas possible d'éviter. Le Chapitre III se concentre sur **l'accompagnement, de manière outillée, de l'utilisateur pour surmonter la première forêt sur son chemin** : la modélisation.

Le Chapitre IV de notre manuscrit raconte l'ascension du Comité d'Entreprise Airbus de Toulouse et le chemin qu'il lui reste à parcourir pour atteindre le sommet de la montagne.



Figure I.8 — Ambition de la thèse : Guider un marcheur à travers la montagne, pour en atteindre le sommet sans effort

En résumé, le Chapitre II de ce manuscrit présente un cadre d'évaluation de la maturité BPM et le compare à d'autres référentiels créés depuis 2005. Ce cadre est ensuite utilisé pour localiser les grandes difficultés rencontrées par les industriels ainsi que les outils existants. Il permet également d'illustrer la méthode d'implémentation du BPM proposée par cette thèse.

Le Chapitre III met l'accent sur une des difficultés préalablement identifiées : la génération de la cartographie de processus. Dans l'esprit de R-IO Suite et d'Iterop, une preuve de concept de la méthode y est présentée.

Le Chapitre IV présente l'intégralité de la méthode appliquée au cas d'une entreprise réelle.

Chapitre II. Un cadre pour évaluer la maturité BPM des organisations et localiser les difficultés industrielles

II.1. INTRODUCTION

Le premier objectif que se fixe cette thèse est de guider l'utilisateur qui souhaite implémenter une démarche BPM dans son entreprise, en lui évitant un maximum de difficultés. En ligne avec cet objectif, nous souhaitons tout d'abord confronter les méthodes existantes aux défaillances industrielles fréquentes, afin de concevoir un moyen de les éviter. Nous devons donc être capables de caractériser la maturité BPM d'une entreprise et de l'associer aux difficultés d'implémentation qu'elle rencontre. Notre premier objectif est de **cadre ce qui définit la maturité BPM d'une entreprise** (Question scientifique 1), afin de **guider les industriels lorsqu'ils tentent d'intégrer la démarche BPM dans leur fonctionnement** (Question scientifique 2).

La section II.2 détaille la conception de notre propre cadre de maturité. La section II.3 présente une méthode d'implémentation de la méthode BPM basée sur ce cadre. La section II.4 revient sur les limites du cadre de maturité conçu et en présente une évaluation.

II.2. CONCEPTION D'UN CADRE POUR EVALUER LA MATURITE BPM

Cette section met en évidence certains critères essentiels lors de l'évaluation de la maturité, permettant également de mettre en lumière les difficultés fréquemment rencontrées par les industriels lors de leur implémentation de la démarche BPM.

II.2.1. Modèles de maturité BPM existants dans la littérature

Les modèles de maturité peuvent être classés selon trois catégories (De Bruin et al. 2005) :

- Les modèles descriptifs, pour l'évaluation de la maturité actuelle d'une organisation
- Les modèles comparatifs, pour confronter les niveaux de maturité de deux organisations
- Les modèles prescriptifs, fournissant des suggestions d'actions d'amélioration

Les modèles descriptifs et comparatifs sont très largement étudiés alors que peu de modèles prescriptifs pour la maturité BPM ont été développés (Pöppelbuß et Röglinger 2011).

Au cours des 15 dernières années, de nombreux chercheurs ont mené des enquêtes pour identifier les facteurs de succès et d'échec de la mise en œuvre du BPM (Ahadi 2004; Buh, Kovačič, et Indihar Štemberger 2015; Chong 2007; Škrinjar et Trkman 2013), soulignant les nombreux domaines impliqués dans la méthode BPM comme le management, l'alignement stratégique, l'humain, la communication, l'IT, la culture ou la gouvernance. (van Steenbergen et al. 2013) expliquent que la plupart des modèles de maturité existants se concentrent malheureusement sur une seule dimension, même si la performance des processus d'une organisation repose non seulement sur les caractéristiques individuelles des processus, mais aussi sur les capacités de l'entreprise telles que la culture et le savoir-faire. Ce constat met en évidence l'existence de deux types de cadres de maturité, les cadres linéaires (où les échelons sont atteints les uns après les autres) comme le CMMI et les cadres non linéaires (où les échelons peuvent être atteints dans l'ordre souhaité). Puisqu'il nous servira de paysage de progression, et qu'il est physiquement possible de se déplacer entre deux points en empruntant des trajectoires différentes, nous avons choisi de nous concentrer sur les cadres non linéaires.

Pour obtenir un benchmark homogène et utilisable, nous avons décidé de nous concentrer sur des cadres de maturité BPM (1) à plusieurs dimensions (donc non linéaires) et (2) qui ne sont pas dédiés uniquement à des secteurs métiers spécifiques (Chaîne logistique, développement logiciel...). Les cadres retenus sont présentés dans le Tableau II.1.

Tableau II.1 – État de l’art des cadres de maturité BPM non linéaires

Nom du Cadre de Maturité	Référence	Spécificités du cadre
BPM Maturity Model (BPMMM) pour modèle de maturité BPM	(M Rosemann, De Bruin, et Power 2006; M Rosemann et De Bruin 2005)	<p>Perspectives : Harmoniser, Modéliser, Exécuter, Contrôler, Améliorer</p> <p>Facteurs : IT/SI, Culture, Responsabilité, Méthodologie, Performance</p>
Process Performance Index (PPI) pour indice de performance des processus	(Fisher 2004)	<p>États de maturité : En Silo, tactiquement intégré, piloté par les processus, entreprise optimisée, réseau opérationnel intelligent</p> <p>cinq leviers de changement : Stratégie, Contrôles, Processus, Personnes, IT</p>
Process and Enterprise Maturity Model (PEMM) pour modèle de maturité des processus et de l’entreprise	(Power 2007)	<p>Conception : but, contexte et documentation</p> <p>Gouvernance : modèle de processus, responsabilisation, intégration</p> <p>Mesures : définition et utilisations</p> <p>Acteur : connaissances, compétences et comportement</p> <p>Propriétaire : identité, activités et autorité</p> <p>Infrastructure : systèmes d’information et ressources humaines</p> <p>Leadership : sensibilisation, alignement, comportement, style</p> <p>Culture : travail d’équipe, orientation client, responsabilité, attitude face au changement</p> <p>Expertise : personnel, méthodologie</p>
Process Management Maturity Assessment pour évaluation de la maturité	(Rohloff 2009)	<p>Gestion de projet : Fixer des objectifs, analyser, définir, réaliser, revoir</p> <p>Catégories : Cartographie des processus, système d’établissement des objectifs, documentation des processus, contrôle de la performance des processus, optimisation des processus, méthodes et outils, organisation de</p>

Nom du Cadre de Maturité	Référence	Spécificités du cadre
de la gestion des processus		la gestion des processus, gestion des programmes, qualification, communication, gestion des données, architecture informatique
Process Management Maturity Model pour modèle de maturité de la gestion des processus	(Cronemyr et Danielsson 2013)	<p>Niveau de maturité : Sensibilisation au BPM, cartographie établie, cartographie améliorée, cartographie ajustée</p> <p>Catégories : Gestion de l'organisation, documentation, méthodes de travail, disposition du processus, gestion du processus, acteur, mesures, améliorations</p>
Model for Business Process Maturity Assessment pour modèle d'évaluation de la maturité des processus métier	(Moradi-Moghadam, Safari, et Maleki 2013)	<p>Index : Niveau initial, Processus gérés, Processus définis, Processus quantitativement gérés, Processus optimisés</p> <p>Conception : objet, contenu, documentation</p> <p>Interprètes : connaissances, compétences, comportement</p> <p>Propriétaire : identité, activités, autorité</p> <p>Infrastructure : SI, RH</p> <p>Mesure : définition, utilisation</p>

Ces cadres permettent, chacun à leur manière, d'évaluer la maturité BPM d'une entreprise en se concentrant tout d'abord sur sa progression au sein même du cycle BPM (modéliser, exécuter, contrôler, améliorer) comme décrit en Figure I.5. Par ailleurs chaque référentiel fonde également ses évaluations sur des concepts uniques qui ne sont pas partagés par tous, comme la responsabilisation, les acteurs ou la gouvernance. Ce constat met en évidence qu'il existe bel et bien plusieurs dimensions à étudier pour mesurer la maturité BPM, c'est pourquoi ces travaux se sont dirigés vers la création d'un cadre d'évaluation à plusieurs axes.

La section II.2.2 retient successivement trois axes d'évaluation considérés comme caractéristiques de la maturité BPM d'une entreprise. La section II.2.3 présente chacun des objectifs à atteindre pour obtenir un niveau de maturité BPM idéal. La section II.2.4 présente deux cas d'utilisation du cadre de maturité. La section II.2.5 conclut quant à l'utilisation supplémentaire qui peut être faite de ce cadre. Tous les résultats décrits dans cette section ont donné naissance à un article

de journal (Froger et al. 2019) : Froger, M., Benaben, F., Truptil, S., & Boissel-Dallier, N. (2019). A non-linear business process management maturity framework to apprehend future challenges. *International Journal of Information Management*, 49, 290-300.

II.2.2. Critères identifiés comme essentiels pour évaluer la maturité BPM

Chaque position du cadre de maturité résulte de l'intersection entre trois axes. Pour faciliter leur présentation, nous avons choisi de commencer par présenter les résultats de l'intersection entre deux axes et d'ensuite de détailler l'intersection entre ce plan et le troisième axe. Ainsi, la section II.2.2.1 définit le premier axe d'étude que nous choisissons pour évaluer la maturité BPM d'une entreprise. La section II.2.2.2 vise à définir un deuxième axe d'étude et définit les différentes notions résultant de son intersection avec le premier axe. La section II.2.2.3 détaille le troisième et dernier axe d'étude de notre cadre de maturité BPM. Enfin, la section II.2.2.4 présente le résultat de l'intersection entre le plan axe 1 et 2 et l'axe 3, soit l'intégralité des concepts résultant de l'intersection de chacun des axes du cadre d'évaluation. La Figure II.1 situe dans le futur cadre de maturité ce que chaque paragraphe de cette section définit.

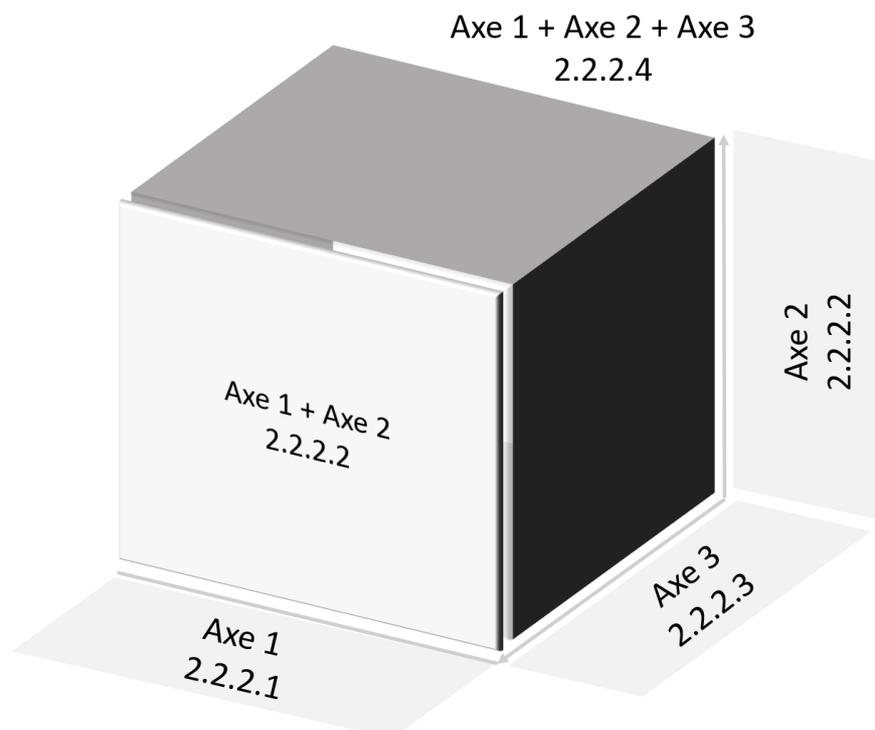


Figure II.1 — Positionnement des paragraphes de la section II.2.2 dans la définition du cadre de maturité

II.2.2.1. Domaines (Culturel, Professionnel, Technologique)

La totalité de la démarche BPM ne peut être directement intégrée par tous les services d'une entreprise en une seule fois. Buh et al. (2015) soulignent la nécessité de considérer les différentes étapes de l'adoption du BPM indépendamment les unes des autres afin de constater l'implémentation progressive de la démarche. Pour les auteurs, il est nécessaire de différencier cinq étapes dans l'adoption du BPM pour intégrer la totalité de la démarche depuis les concepts initiaux du BPM jusqu'à l'intégration complète de la méthode.

- **Sensibilisation et compréhension du BPM** : l'organisation reconnaît la valeur du BPM et croit aux avantages du concept.
- **Désir d'adopter le BPM** : l'organisation accepte l'idée d'intégrer le BPM dans son fonctionnement, la démarche est conduite par un « champion » et motivée par un sentiment d'urgence.
- **Les premiers projets orientés BPM** mise en place, l'exécution et le suivi de projets BPM individuels pour renforcer les capacités et la crédibilité du BPM dans l'organisation
- **Programme BPM** : Conversion des projets BPM en un programme BPM où une méthodologie BPM globale est conçue ainsi qu'un plan d'action pour son intégration.
- **Production de BPM** : le programme BPM est suivi et géré. Toutes les activités sont menées de manière cohérente ; y compris l'éducation des employés afin d'encourager la réflexion sur les processus et leur appropriation.

Les deux premières étapes concernent l'intégration culturelle de la méthode BPM, avant de les appliquer professionnellement lors des trois dernières étapes. (Grau et Moormann 2014) soulignent que toute initiative BPM est étroitement liée à la culture de l'entreprise et que cet aspect psychologique a été largement négligé. Les référentiels d'évaluation cités dans le Tableau II.1 évaluent également la maturité BPM selon son implémentation au sein de ses deux domaines distincts. (Alonso, Verdún, et Caro 2017) insistent sur la nécessité de combler l'écart qui existe entre les domaines professionnel et culturel.

Avec le développement de la technologie, chaque concept d'entreprise a maintenant une contrepartie numérique, ce qui a conduit (Rahimi, Møller, et Hvam 2016) à définir un processus métier comme étant le lien entre les capacités informatiques et la stratégie commerciale d'une entreprise. Les technologies de l'information constituent un domaine critique, au même titre que la culture (Cutura 2013; Sherwin 2011) et le métier. (Kruger et Johnson 2010) soulignent la nécessité

de distinguer les technologies de la communication de la gestion de l'information et de la gestion des connaissances, mais aussi de définir la frontière existante entre ces trois domaines.

Avec le nombre grandissant de tentatives infructueuses d'implémentation du BPM, beaucoup de scientifiques (Bai et Sarkis 2013; Buh, Kovačič, et Indihar Štemberger 2015; Grau et Moormann 2014; Santos et al. 2015; Trkman 2010) et d'industriels (Burlton 2011; Cutura 2013; Dyer et al. 2012; PRIME BPM 2017; Sherwin 2011) ont réalisé des enquêtes pour dresser des listes de facteurs de succès et d'échec d'intégration du BPM. Le Tableau II.2 les énumère et les associe à l'un des trois domaines d'une entreprise comme identifiés précédemment.

Tableau II.2 – Facteurs « critiques » lors de l'intégration de la méthode BPM

Domaine	Facteur critique d'implémentation BPM issus de la littérature
Social et Culturel	Communication
	Culture du Changement
	Autonomie
	Résistance organisationnelle
	Implication
	Rétention d'information
	Système de motivation par récompenses
	Leadership
	Culture de la qualité
Organisation de l'entreprise, structure, planification et gestion de projet	Intégration professionnelle adéquate
	Efficacité de la réingénierie des processus (BPR)
	Définitions des postes et répartitions des responsabilités
	Travail d'équipe
	Gestion des risques et système de management de la qualité
	Alignement de la stratégie de BPR et de la stratégie générale de l'entreprise
	Soutien financier adéquat
	Objectifs et méthodes de mesures définis
	Attentes irréalistes
	Conseils d'experts
Expériences antérieures	
Infrastructure IT	Alignement de l'infrastructure informatique et de la stratégie générale de l'entreprise
	Architecture orientée services et interopérabilité
	Investissements IT
	Outils de modélisation, outils de détection de processus, outils de détection (Business Activity Monitoring)
	Intégration du Système d'Information
	Manque de connaissance en BPM

Ce tableau met en évidence qu'il est possible de répartir les différents facteurs de succès et d'échec de la mise en place du BPM selon les trois **domaines** de l'entreprise : **Culturel, Professionnel et Technologique**. La Figure II.2 montre le cadre de maturité avec ce premier axe d'étude.

La prise en compte des différents domaines permet à notre modèle de révéler des niveaux de maturité différents pour les organisations qui ont intégré des concepts dans leur culture, par rapport à celles qui les appliquent également dans leur travail, ou celles qui les ont implémentés dans leur système d'information. Comme indiqué dans l'Introduction, nous pensons que l'émergence de nouvelles technologies, telles que l'intelligence artificielle ou la déduction de processus, pourrait changer la façon dont le BPM est mis en œuvre dans les organisations. C'est pourquoi nous insistons particulièrement sur la nécessité que notre cadre représente l'axe des domaines.

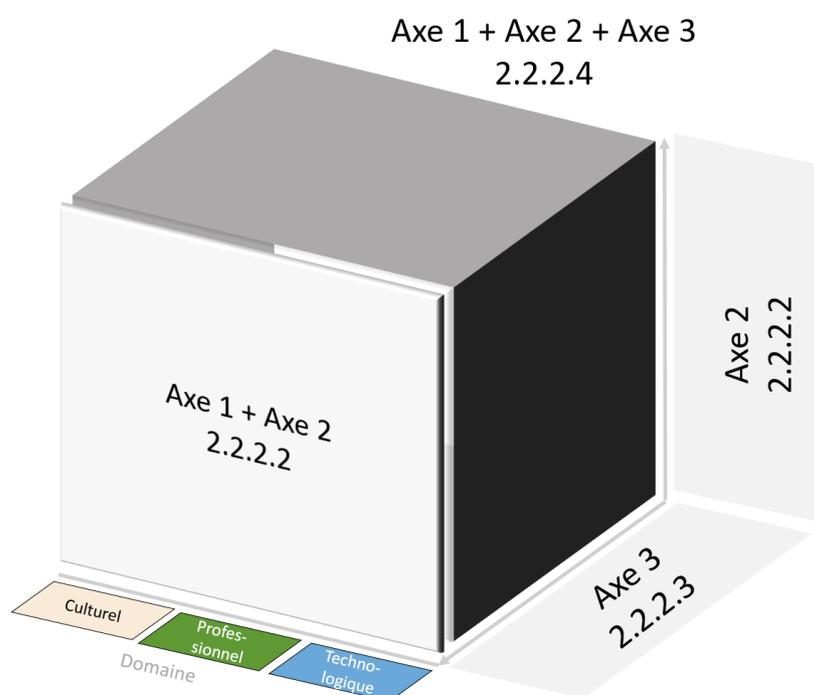


Figure II.2 – 1er Axe d'étude : le domaine

II.2.2.2. Niveau d'abstraction (Flux, Activités, Comportement)

(Benaben et Vernadat 2017) définissent une organisation comme un ensemble de fonctions, alimentées par de l'information et organisées selon des processus décrivant le comportement de l'organisation et dédiées à la poursuite des objectifs de l'organisation. (Hu, Chang, et Hsu 2017) expliquent que l'information est la base du domaine professionnel, elle est au cœur des fonctions, et les fonctions

sont au cœur des processus, et ensemble ils décrivent l'organisation professionnelle de l'entreprise (voir Figure II.3).

(Benaben et al. 2013) discutent également des contreparties technologiques de ces trois concepts. Données, Applications et Workflows sont respectivement les équivalents informatiques de l'Information, des Fonctions et des Processus. La partie informatisable d'un processus est un workflow, les fonctions sont réalisées par des applications logicielles (lesquelles peuvent être des interfaces avec des fonctions humaines par exemple), utilisant des données informatisées. Ces trois niveaux d'abstraction du domaine informatique peuvent être imbriqués selon la même logique : les données sont au cœur des applications, et les applications sont au cœur des workflows. Conformément à cette représentation, le domaine technologique est représenté comme un concept transversal de l'organisation et est construit selon la même structure, afin de faciliter la diffusion de l'information vers le domaine professionnel.

Ces travaux (Benaben et Vernadat 2017) conceptualisent ainsi trois **niveaux d'abstraction** décrivant deux domaines (Professionnel et Technologique) : **Flux, Activités, Comportement**. Les concepts résultant de ces trois niveaux d'abstraction interdépendants au sein de ces domaines sont résumés sur la Figure II.3, où chaque périmètre représente le noyau d'un périmètre plus grand.

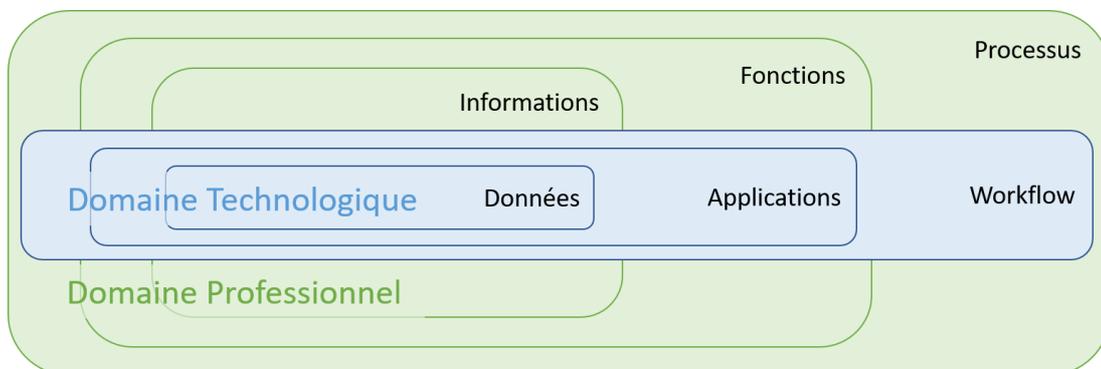


Figure II.3 – Niveaux d'abstraction des domaines professionnels et technologiques d'une organisation selon (Benaben et Vernadat 2017)

Il n'est pas forcément évident de définir les concepts culturels découlant de ces trois niveaux d'abstraction. (Paquet 2006) définit la « *connaissance* » comme le pendant culturel des données et des informations, et utilise le terme de « *compétence* » pour représenter la projection culturelle des activités. Comportementalement, la culture correspond à la prise de conscience du séquençement existant entre les activités et à la nécessité de les *surveiller*. Un résumé des concepts résultant de l'intersection des domaines et des niveaux d'abstraction est présenté en Figure II.4.

La mesure du niveau d'abstraction permet de différencier les organisations qui appliquent le principe du BPM à leurs processus de celles qui le font également sur les activités impliquées. Le fonctionnement d'une organisation se caractérise par la façon dont ses flux et ses activités interagissent les uns avec les autres. Nous avons donc décidé d'utiliser cet axe dans notre cadre, malgré son originalité et sa nouveauté parmi les cadres cités dans le Tableau II.1.

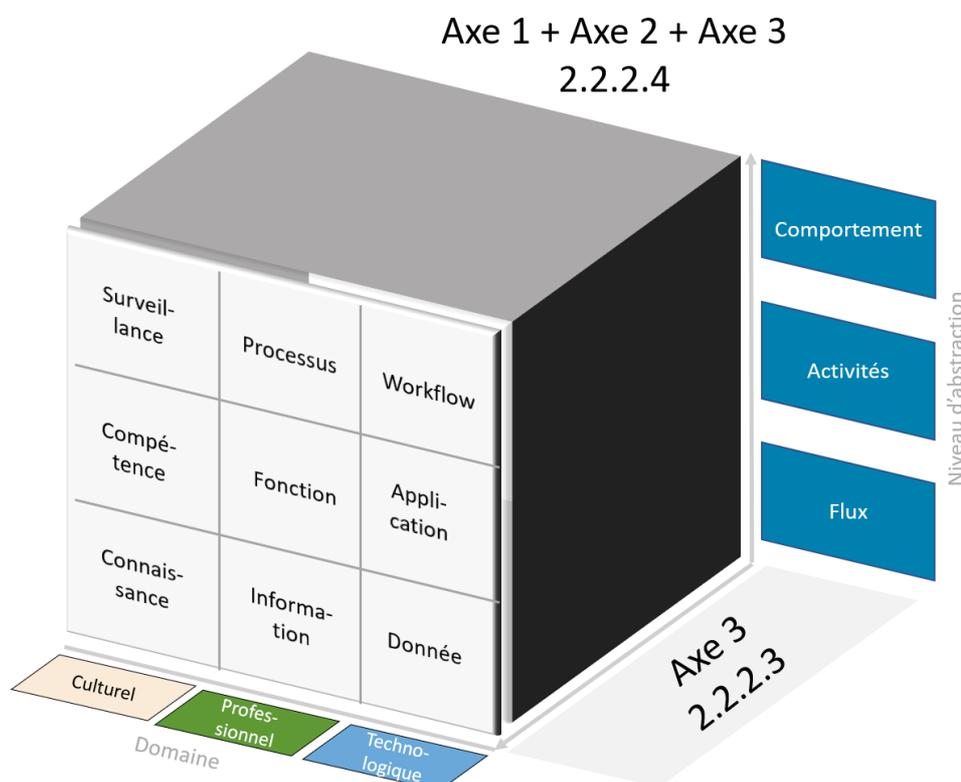


Figure II.4 – Niveaux d'abstractions et intersection avec les domaines

II.2.2.3. Le cycle BPM (Conception, Orchestration, Amélioration)

Malgré leurs différences, les cadres présentés dans le Tableau II.1 partagent tous une idée commune : la maturité BPM de toute entreprise devrait au moins être évaluée grâce à l'étape du cycle BPM qui a été atteinte. Les travaux décrits dans cette thèse partagent également cette croyance. Nous considérons donc le cycle BPM comme la troisième dimension de notre cadre d'évaluation. En considérant le cycle de l'approche BPM comme une dimension de notre cadre de maturité, il est possible de différencier les entreprises progressant sur le cycle de vie du BPM. Ce faisant, des niveaux de maturité différents seraient obtenus pour des entreprises qui n'ont créé que des modèles par rapport aux entreprises qui ont conçu et utilisent également des modèles.

Cependant, il a été décidé de regrouper les deux étapes de contrôle et de diagnostic sous le nom d'Amélioration, afin de conserver des niveaux de granularité similaires entre les étapes. Cet axe, le cycle BPM, se compose alors de trois étapes : Conception (construire des modèles), orchestration (jouer les modèles) et amélioration (mesurer et diagnostiquer les résultats des indicateurs).

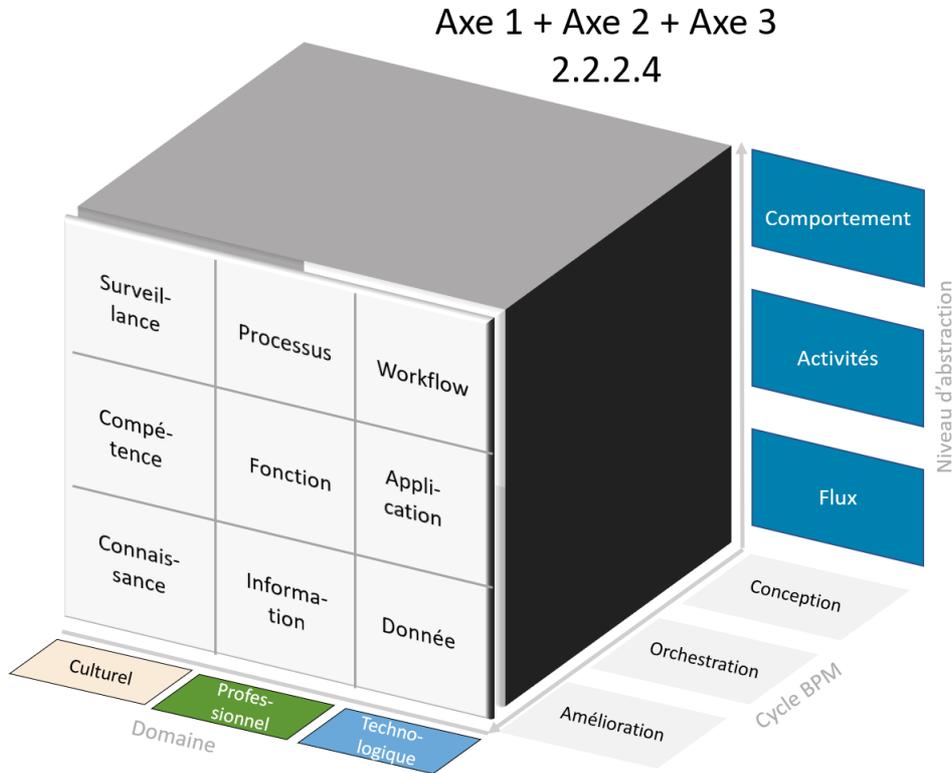


Figure II.5 — Le Cycle BPM comme 3^e axe d'étude de la maturité BPM

II.2.2.4. Définition des 27 concepts résultants des intersections des trois axes d'études

Cette section vise à définir les 27 positions résultant du cadre d'évaluation de la maturité BPM. Chaque position est le résultat de l'intersection de trois axes. Nous choisissons d'inscrire dans chacune de ses positions, l'objectif qu'une organisation doit remplir pour se considérer mature dans ce domaine, ce niveau d'abstraction et cette étape du cycle BPM précis. Cette section vise à décrire les 27 objectifs du cadre de maturité. Pour faciliter la compréhension, nous projeterons les 9 notions du plan présenté en section II.2.2.2 le long de l'axe du cycle BPM. La Figure II.6 positionne dans le cadre les notions que nous évoquerons dans chaque paragraphe.

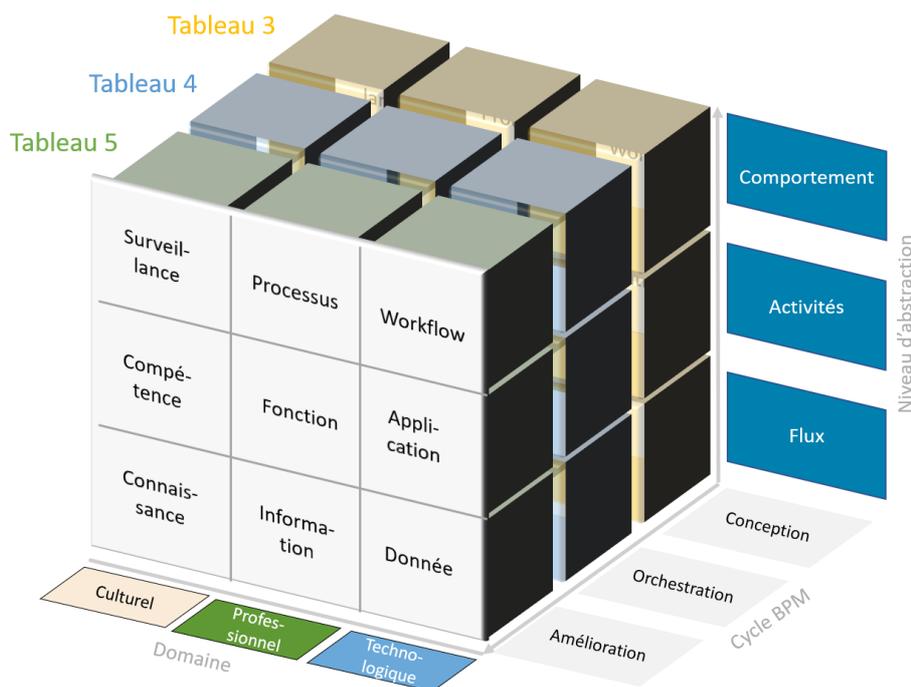


Figure II.6 – Articulation des paragraphes de la section II.2.2.4

L'étape de **conception** (Tableau II.3) du cycle BPM correspond à l'identification (pour la dimension Culture), à la formalisation (pour la dimension du domaine Professionnel) et à l'implémentation (pour la dimension informatique) de modèles au sein de l'organisation.

Tableau II.3 – 9 positions de l'étape de Conception

Objectifs et Ressources identifiés	Processus formalisé	Workflow implémenté	Comportement
Compétences identifiées	Fonctions formalisées	Applications implémentées	Activités
Connaissances identifiées	Informations formalisées	Données implémentées	Flux
Culturel	Professionnel	Technologique	Conception

L'étape d'**orchestration** (Tableau II.4) correspond à l'utilisation des modèles dans une organisation. Pour la dimension Culture, il s'agit de comprendre les modèles, dans la dimension du domaine professionnel, il faut suivre les modèles, concernant la dimension informatique, il faut jouer les modèles au moyen d'applications spécifiques. Suivant ces correspondances, on peut facilement identifier des postes d'expertise et d'expérience ; l'orchestration des compétences serait l'expertise, baptisée ici « savoir-faire » ; l'orchestration des fonctions serait l'expérience, représentée ici par « faire ».

Tableau II.4 – 9 positions de l'étape d'Orchestration

Séquencement des compétences comprises	Processus respecté	Workflows orchestrés	Comportement
Savoir-Faire	Faire	Application utilisée	Activités
Utilisation des Connaissances comprises	Informations utilisées	Données manipulées (CRUD)	Flux
Culturel	Professionnel	Technologique	Orchestration

L'étape d'**Amélioration** (Tableau II.5) est le rassemblement du contrôle et du diagnostic. Cette étape concerne principalement les indicateurs de performance (KPI pour Key Performance Indicateur), définis comme des combinaisons de variables pouvant prendre de valeurs mesurables (par exemple, recueillies à l'aide de capteurs intégrés) et représentant l'efficacité avec laquelle une entreprise atteint ses objectifs commerciaux clés (Association Française de Gestion Industrielle 1992) . Ils peuvent révéler des dysfonctionnements potentiels.

Dans un environnement industriel, le contrôle est rendu possible grâce à la mesure de ces KPIs et à leur comparaison avec les objectifs chiffrés. Le diagnostic correspond à l'analyse des dysfonctionnements ou des améliorations à intégrer dans les futurs modèles. Les KPI peuvent être comportementaux ou fonctionnels (pour les activités) et peuvent également être définis pour évaluer la cohérence des flux.

Tableau II.5 – 9 positions de l'étape d'Amélioration

KPI comportementaux identifiés	Processus diagnostiqué	KPI comportementaux implémentés	Comportement
KPI fonctionnels identifiés	Fonctions diagnostiquées	KPI fonctionnels implémentés	Activités
Règles d'évaluation des connaissances identifiées	Informations diagnostiquées	Règles d'évaluation des données implémentées	Flux
Culturel	Professionnel	Technologique	Amélioration

II.2.3. Présentation du cadre de maturité

II.2.3.1. Détails

La Figure II.7 résume les 27 positions de notre cadre d'évaluation de la maturité BPM. Nous avons essayé, autant que possible, de décrire chaque position du cadre en termes d'objectifs à atteindre. Les annexes B et C présentent ces objectifs repartis le long des deux axes « domaine » et « niveau d'abstraction ». La section suivante développe l'idée de forces structurantes qui pourrait exister dans ce cadre.

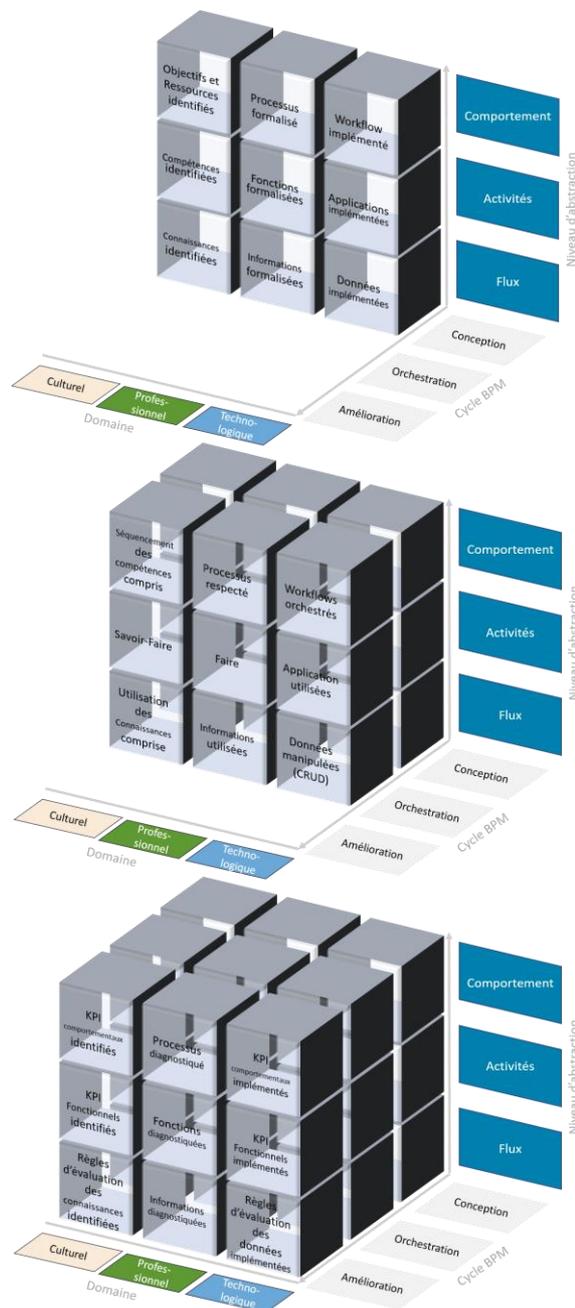


Figure II.7 – Cadre d'évaluation de la maturité et ses 27 positions

II.2.3.2. Forces structurantes

De par la nature des trois axes d'études, il est possible que chacune des 27 positions du cadre de maturité ne soit pas indépendante, autrement dit qu'il existe une corrélation entre certaines positions.

Par exemple en ce qui concerne les niveaux d'Abstraction, nous avons vu que le niveau des flux était au cœur du niveau des activités lui-même au cœur du niveau comportemental. Ceci implique que la mise en place d'un workflow ne sera possible qu'une fois que les applications, et par conséquent les données, seront implémentées. Nous pouvons donc conclure qu'une force structurante verticale, comme une gravité, existe dans notre cadre de maturité : il n'est pas possible d'obtenir une position d'un niveau d'abstraction si la position directement en dessous (même domaine et même étape du cycle BPM) n'a pas auparavant été validée. Cette force structurante permet de mettre en évidence qu'atteindre les objectifs d'un niveau d'abstraction permet d'atteindre également les objectifs des niveaux d'abstraction précédents. Ainsi, adopter une approche comportementale (En haut) permettrait d'obtenir les objectifs des niveaux des fonctions (au milieu) et des données (en bas).

En ce qui concerne l'axe des domaines, rien n'indique qu'il puisse exister une force imposant la réalisation des étapes d'un domaine particulier avant de réaliser les autres. En revanche, il est important de noter qu'il existe un lien étroit entre les domaines professionnel et technologique au sein de l'étape d'orchestration. En effet « orchestrer un workflow » et « utiliser une application » permettent d'atteindre simplement les objectifs « respecter les processus » et « faire » du domaine professionnel.

Le troisième axe d'étude est construit à partir du cycle BPM. Nous pourrions facilement penser que le même type de forces existe le long de cet axe. En effet il n'est pas possible d'améliorer un concept qui n'a pas été orchestré. Cependant, les concepts culturels de conception et d'orchestration étant respectivement liés à la compréhension et l'identification, il est tout à fait imaginable de « savoir-faire » sans avoir auparavant formalisé les concepts. Nous ne pouvons donc pas déduire formellement l'existence d'une force structurante le long de cet axe.

II.2.4. Exemples d'utilisation du cadre

Défini en termes de réalisations, notre cadre pourrait être utilisé pour (i) évaluer la maturité globale de l'organisation, mais aussi pour (ii) suivre la mise en place de nouveaux comportements, activités et flux dans l'entreprise. Cette section

présente successivement ces deux cas d'utilisation au sein d'une seule entreprise : Iterop.

Iterop est une start-up française innovante éditrice du logiciel éponyme. Le logiciel Iterop est un BPMS (Business Process Management Software), permettant donc la modélisation, l'orchestration et la supervision des workflows. Pour ces processus internes, l'entreprise utilise son propre produit.

La norme ISO 9001:2015 est une norme non spécifique définissant les fondements d'un système de management de la qualité. Créées dans les années 90, ces exigences sont reconnues dans le monde entier comme permettant aux organisations certifiées d'être plus efficaces et d'améliorer la satisfaction client. ISO 9001:2015 est basée sur les principes de l'amélioration continue. Parce qu'elle oblige les organisations (1) à maîtriser leur développement et leur croissance internes (2) à maintenir leurs processus en conformité avec les exigences de leurs clients et (3) à préserver constamment la satisfaction de leurs clients et de leurs employés, la certification ISO 9001:2015 est une garantie de maturité du BPM.

En 2015, l'entreprise a entrepris la démarche d'obtention de la certification ISO 9001:2015 (ISO 2015) comme garantie de qualité pour ses clients, mais aussi pour démontrer que l'approche processus est une méthode rapide et efficace pour atteindre des objectifs stratégiques. En 6 mois, Iterop a obtenu la certification avec plus de 20 points clés identifiés (Iterop 2017).

Cette section présente deux cas d'application du cadre défini précédemment. La section II.2.4.1 montre l'évaluation de la maturité globale d'Iterop avant et après l'obtention de la certification. La section II.2.4.2 présente le chemin parcouru à travers le cadre lorsqu'Iterop a implémenté une nouvelle procédure exigée par la norme : la conduite d'audits internes.

II.2.4.1. La maturité générale d'Iterop avant et après la certification ISO 9001 : 2015

Puisqu'Iterop utilise au quotidien son propre BPMS, l'ensemble de ces comportements, activités et données sont déjà informatisés. Pour cette raison, chaque niveau de maturité atteint dans le domaine professionnel est également atteint dans le domaine technologique. Dans le cadre, chaque position du domaine professionnel est donc accompagnée de sa voisine de droite : son équivalent technologique.

Avant la certification, Iterop avait déjà identifié et formalisé l'ensemble de ses activités et données. L'entreprise avait également déjà formalisé et mis en œuvre l'ensemble de ses processus, même s'il faut reconnaître que l'identification des objectifs et des ressources n'était pas encore systématique. Le Tableau II.6 présente

l'ensemble des positions déjà atteint et restant à obtenir au sein de l'étape de conception. L'objectif grisé n'est pas atteint par Iterop, et reste donc à obtenir pour obtenir un meilleur niveau de maturité.

Tableau II.6 – objectifs de maturités de l'étape de conception atteints par Iterop avant la certification ISO 9001:2015

Objectifs et Ressources identifiés	Processus formalisé	Workflow implémenté	Comportement
Compétences identifiées	Fonctions formalisées	Applications implémentées	Activités
Connaissances identifiées	Informations formalisées	Données implémentées	Flux
Culturel	Professionnel	Technologique	Conception

En ce qui concerne l'étape **d'Orchestration**, Iterop est guidé par les processus qu'il suit. Ainsi, tout ce que fait l'entreprise suit un processus mis en œuvre. Le Tableau II.7 montre que tous les objectifs de l'étape d'orchestration sont obtenus par Iterop. Cependant, les objectifs culturels sont particuliers. Puisque toute la formalisation a été conçue par ses principaux utilisateurs (et non par un concepteur externe), on peut considérer que les membres d'Iterop connaissent et comprennent les données qu'ils utilisent, les métiers qu'ils exercent et la séquence des métiers qu'ils suivent. Pourtant, il faut garder à l'esprit que ces connaissances peuvent être perdues avec le temps, surtout si elles sont dictées par un logiciel BPM sur une longue période. Il s'agit donc de trois objectifs qu'il faut constamment travailler.

Tableau II.7 – objectifs de maturités de l'étape d'orchestration atteints par Iterop avant la certification ISO 9001:2015

séquencement des compétences compris	Processus respectés	Workflows orchestrés	Comportement
Savoir-Faire	Faire	Application utilisée	Activités
l'utilisation des Connaissances comprise	Informations utilisées	Données manipulées (CRUD)	Flux
Culturel	Professionnel	Technologique	Orchestration

Dans le cadre de l'étape d'amélioration, les indicateurs de performance des activités et des données étaient déjà identifiés et implémentés, mais leurs mesures

n’avaient pas encore fait l’objet d’un diagnostic systématique. La Tableau II.8 montre les 4 objectifs de l’étape d’amélioration atteints par Iterop.

Tableau II.8 – objectifs de maturités de l’étape d’amélioration atteints par Iterop avant la certification ISO 9001:2015

KPI comportementaux identifiés	Processus diagnostiqués	KPI comportementaux implémentés	Comportement
KPI fonctionnels implémentés	Fonctions diagnostiquées	KPI fonctionnels implémentés	Activités
Règles d’évaluation des connaissances identifiées	Informations diagnostiquées	Règles d’évaluation des données implémentées	Flux
Culturel	Professionnel	Technologique	Amélioration

La norme ISO 9001 exige deux points principaux de la part de l’entreprise qui souhaite obtenir la certification : la formalisation de tous les échanges entre les employés et avec les clients et l’analyse et l’amélioration de ces processus internes. Lorsqu’Iterop a entrepris la démarche d’obtention de la norme ISO 9001, certains éléments n’étaient pas présents sur leurs modèles de processus. Iterop a donc tout d’abord dû identifier le contenu manquant : les objectifs et les ressources (1). Par la suite, Iterop a dû progressivement identifier et mettre en œuvre des KPI comportementaux pour chacun de ses processus (2) et analyser les KPI déjà mis en œuvre, mais pas encore systématiquement utilisés (3). Le Tableau II.9 et la Figure II.8 décrivent l’ordre dans lequel Iterop a atteint certains nouveaux objectifs du cadre de maturité.

Tableau II.9 – Obtentions progressives des objectifs pour obtenir la norme ISO 9001.

1. Objectifs et Ressources identifiés	Processus formalisé	Workflow implémenté	Comportement	2. KPI comportementaux identifiés	3. Processus diagnostiqués	2. KPI comportementaux implémentés	Comportement
Compétences identifiées	Fonctions formalisées	Applications implémentées	Activités	KPI fonctionnels implémentés	Fonctions diagnostiquées	KPI fonctionnels implémentés	Activités
Connaissances identifiées	Informations formalisées	Données implémentées	Flux	Règles d’évaluation des connaissances identifiées	Informations diagnostiquées	Règles d’évaluation des données implémentées	Flux
Culturel	Professionnel	Technologique	Conception	Culturel	Professionnel	Technologique	Amélioration

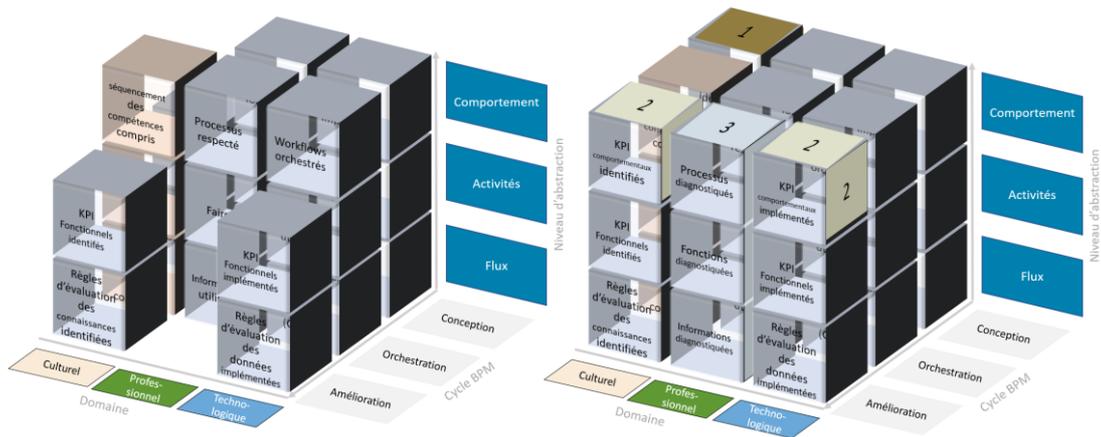


Figure II.8 — Niveaux de maturité générale d'Iterop avant (à gauche) et après (à droite) l'obtention de la certification ISO 9001

II.2.4.2. Iterop : Audits internes

La certification ISO 9001:2015 a créé le besoin d'un nouveau processus pour Iterop : celui d'auditer leurs processus internes et d'apporter des corrections et des améliorations aux modèles. L'entreprise n'avait jamais effectué de telles vérifications auparavant et elle a choisi de les mettre en œuvre à l'aide d'une approche orientée processus. Les étapes suivies sont décrites dans ce paragraphe et illustrées à la Figure II.9.

Par la nature de son propre logiciel également utilisé en interne, Iterop est entièrement orientée pour atteindre directement les objectifs de la couche comportementale. C'est pourquoi la réalisation des objectifs décrits dans le cadre de maturité peut se présenter ici par groupes de trois (« en colonne »).

Le processus d'audit, ses fonctions et données concernées, a d'abord été formalisé (1), comme détaillé dans la norme. Un document pour ce nouveau processus contient une formalisation du processus à l'aide d'un diagramme BPMN 2.0, où les fonctions impliquées sont décrites et les données (nécessaires et produites) sont toutes détaillées (types et description).

L'entreprise a rapidement implémenté le nouvel ensemble de données, mis en place des mails et des connexions (Applications) au calendrier et le workflow qui en résulte (2) dans le logiciel Iterop (3) qui permet d'orchestrer le tout facilement.

L'orchestration des workflows a aidé les collaborateurs à (4) suivre le processus tel qu'il a été formalisé au départ. Les descriptions ont aidé les acteurs (et pas seulement le concepteur) à faire correctement le travail qu'on attendait d'eux, et les données ont été automatiquement utilisées par le workflow. Après plusieurs itérations d'utilisation du processus, les acteurs (5) ont acquis des connaissances essentielles sur les données qu'ils ont utilisées, les métiers eux-

mêmes et leur séquençage. Ce n'est qu'après avoir acquis une telle connaissance de l'orchestration qu'ils ont pu (6) identifier les données, les fonctions, les objectifs et les ressources qui ont été impliqués dans le processus, et compléter la documentation.

Cette nouvelle expertise leur a permis (7) d'identifier les KPI de processus, de fonctions et de données qui ont été (8) mis en œuvre, permettant de (9) diagnostiquer fréquemment les processus.

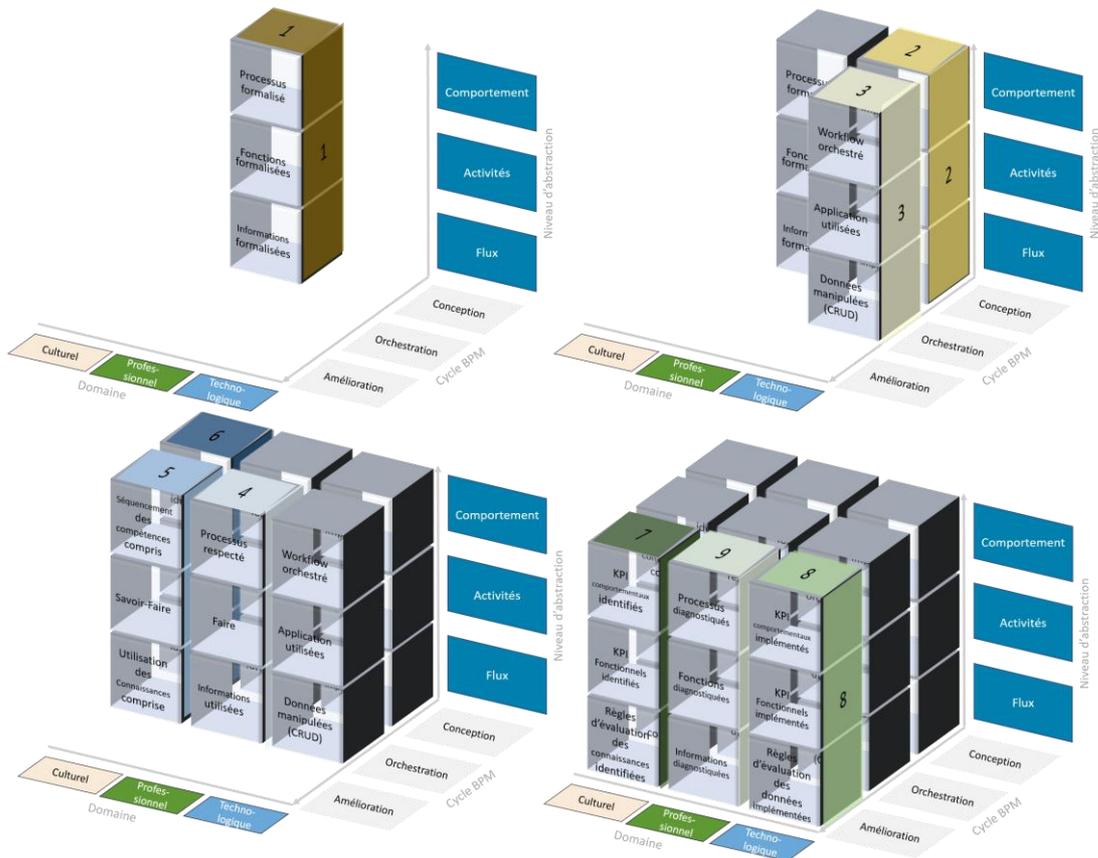


Figure II.9 – les neuf étapes de l'intégration d'une nouvelle procédure : les audits internes

II.2.5. Conclusions

S'il existe quelques forces structurantes dans notre cadre de maturité, il existe aussi et surtout un certain nombre de positions indépendantes ; des objectifs qui peuvent être réalisés indépendamment les uns des autres. Théoriquement, il existe donc une grande possibilité de parcours à travers ce cadre pour aller d'un niveau de maturité à un autre. Certains parcours peuvent être à privilégier en fonction de l'organisation et des outils ou méthodes pouvant être déployés. Nous pouvons aisément imaginer que certains outils ou méthodes inciteraient à emprunter un parcours plutôt qu'un autre. Il semble donc pertinent de compléter

le cadre de maturité avec des concepts de transitions (facilitantes ou entravantes) pour se déplacer d'une position à une autre.

II.3. PROPOSITION D'UNE SUITE D'OBJECTIFS POUR MONTER EN MATURETE

Cette section tente tout d'abord de localiser, au sein du cadre de maturité, les difficultés fréquemment rencontrées par les industriels (section II.3.1) afin de présenter (en section II.3.2) un séquençement d'objectifs à atteindre qui permettent d'éviter les difficultés et de tirer profit des outils existants. La section II.3.3 revient sur l'idée principale que soulève ce séquençement : profiter des avancements technologiques afin d'aider au plus l'intégration professionnelle et culturelle de la démarche au sein d'une entreprise.

II.3.1. Transitions difficiles et outils supportant la méthode

L'objet de cette section est d'identifier les difficultés qui causent les blocages rencontrés par les industriels. La section II.3.1.1 décrit le profil initial standard d'une entreprise commençant une démarche BPM. Les paragraphes suivants localisent, dans le cadre, les difficultés et outils connus, tout d'abord internes (II.3.1.2) puis externes (0) à ce profil initial.

II.3.1.1. Profil initial standard d'une entreprise commençant une démarche BPM

Une entreprise qui décide d'entreprendre une démarche BPM et qui contacte alors un consultant BPM pour être accompagnée dans l'intégration de la démarche dispose tout de même déjà une activité professionnelle. L'entreprise ne part donc pas d'un niveau de maturité nul.

Avant d'entreprendre la démarche, l'entreprise Turkaway n'avait pas de technologie spécifique et n'avait pas encore décrit ses comportements internes. Pourtant l'entreprise reçoit des commandes et les livre, elle a donc atteint les objectifs de « faire », de « savoir-faire » ainsi que les deux objectifs immédiatement en dessous ; « informations utilisées » et « utilisation des connaissances comprises ». De même, Turkaway avait déjà, comme beaucoup d'entreprises, rédigé les fiches de postes et donc

« identifié et formalisé les compétences et connaissances de ses collaborateurs.

Comme Turkaway, une entreprise qui souhaite implémenter la démarche BPM dans son fonctionnement a généralement atteint au moins 8 des 27 objectifs du cadre de maturité : le « faire », le « savoir-faire », l'identification et souvent la formalisation de leurs activités (fiches de postes), de leurs informations et de leurs flux. La Figure II.10 montre ce profil initial standard de maturité.

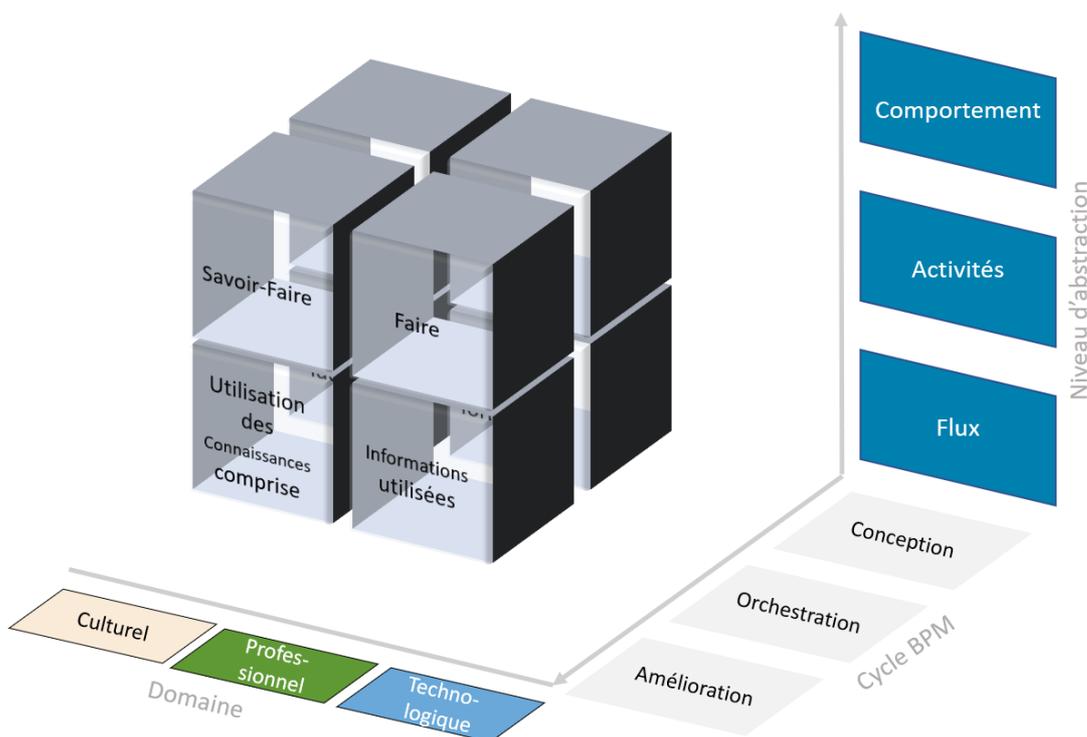


Figure II.10 — Profil initial standard d'une entreprise commençant une démarche BPM

II.3.1.2. Interfaces avec le profil initial standard

Les entreprises disposant de ce profil initial standard et souhaitant améliorer leur niveau de maturité BPM ont trois possibilités : (1) appliquer le reste du cycle BPM à leurs flux et activités en identifiant puis en utilisant des règles d'évaluations et des KPI fonctionnels, (2) intégrer la technologie à leur fonctionnement actuel en informatisant leurs données et application ou (3) intégrer directement l'approche processus en identifiant leurs ressources et objectifs puis en formalisant leurs enchaînements d'activités sous forme de processus à respecter.

Un des premiers retours d'expérience des consultants confrontés à cette étape de la démarche est qu'il existe une barrière initiale liée à l'obtention des premiers objectifs externes à ce profil initial standard. Cependant, une fois cette

barrière initiale levée, ils parviennent rapidement à adopter le reste de la démarche BPM.

Si les industriels restent souvent aujourd’hui avec le même niveau de maturité : celui de leur profil initial, c’est qu’il existe un certain nombre de difficultés les empêchant d’avancer et que les quelques outils développés pour eux ne leur suffisent pas pour dépasser ces nombreuses barrières. Le Tableau II.10 résume les difficultés situées à la frontière du profil initial standard ainsi que les outils que l’on pourrait envisager pour les surmonter, et leurs limites. La Figure II.11 place ces difficultés et ses outils autour du profil initial.

Tableau II.10 – Difficultés et outils existant pour obtenir les objectifs voisins du profil initial standard

Interface considérée	Difficultés	Outils envisagés
1. Le long de l’axe du cycle BPM : pour atteindre l’étape « amélioration »	<ul style="list-style-type: none"> Absence d’objectifs et de ressources bien définis Pas de vue d’ensemble sur les enchaînements des activités et flux. Résistance au principe de la surveillance Manque de connaissances sur les KPI Manque d’outils de contrôle 	<p>Outil de détection des écarts (Business Activity Monitoring) : nécessite des KPIs mesurés</p>
2. Le long de l’axe des domaines : pour intégrer le domaine « Technologique »	<ul style="list-style-type: none"> Manque de compétences informatiques Non-interopérabilité des applications Intégration dans le SI de l’entreprise L’infrastructure IT n’est pas alignée avec la stratégie de l’entreprise Résistance à la technologie Peur de l’automatisation Pas d’investissement pour l’IT Manque de connaissance sur la gestion des données 	<p>Outils d’étude des données (Data Mining)</p>

Interface considérée	Difficultés	Outils envisagés
3. le long de l'axe des niveaux d'abstraction	<p>Complexité de l'organisation</p> <p>Complexité des réglementations</p> <p>Pas de formalisation claire des processus</p> <p>Manque de connaissance en modélisation</p> <p>Rétention d'informations</p> <p>Manque d'investissement</p> <p>Attentes irréalisables</p>	<p>Outils de modélisation de processus :</p> <ul style="list-style-type: none"> - BPMS - Process Mining : nécessite des applications implémentées et utilisées

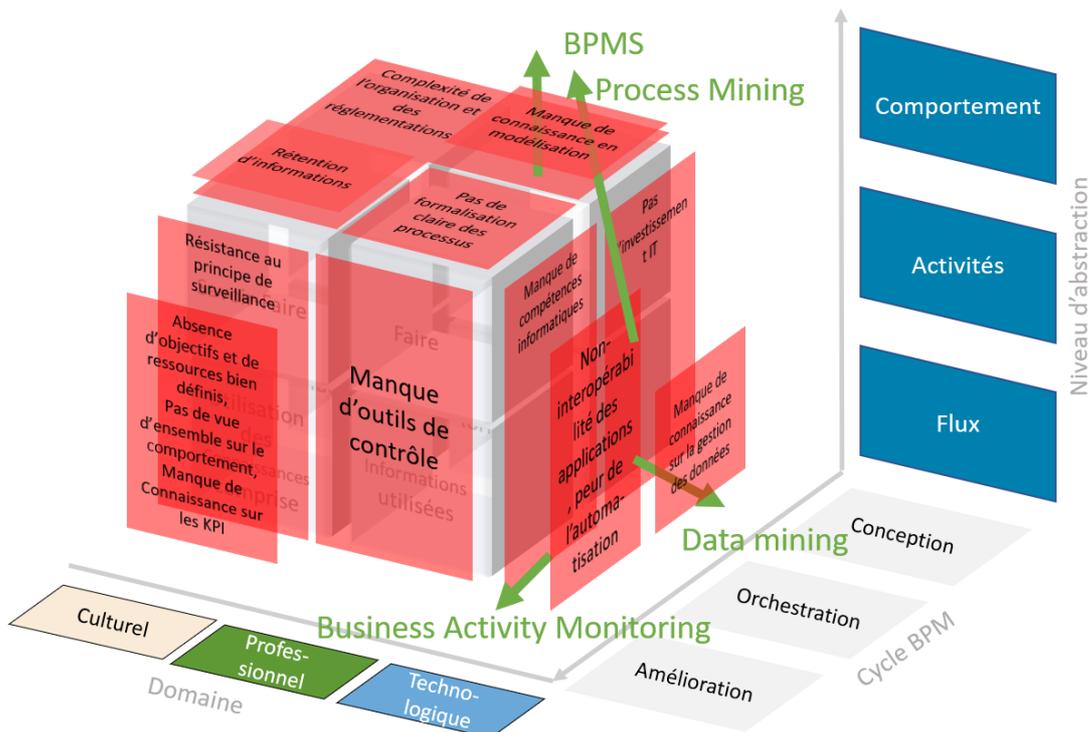


Figure II.11 — Difficultés et outils existant pour obtenir les objectifs voisins du profil initial standard

II.3.1.3. Autres interfaces connues

Avant de se lancer dans la description d'un chemin idéal, il nous faut avoir une idée de ce qu'il se passe entre les objectifs externes au profil initial standard. Nous avons identifié quelques cas importants. La Figure II.15 résume cette section.

Tout d'abord, il nous semble nécessaire de préciser un point important afin de comprendre l'ordre dans lequel le domaine technologique doit être approché. Un workflow étant la partie informatisable d'un processus, il est par conséquent obligatoire d'avoir formalisé le processus avant de définir le workflow. De même, les applications et les bases de données ne peuvent être utilisées avant d'avoir été implémentées. En revanche, les KPIs peuvent être identifiés puis implémentés directement sur les workflows, applications et bases de données. Ces points sont résumés dans la Figure II.12.

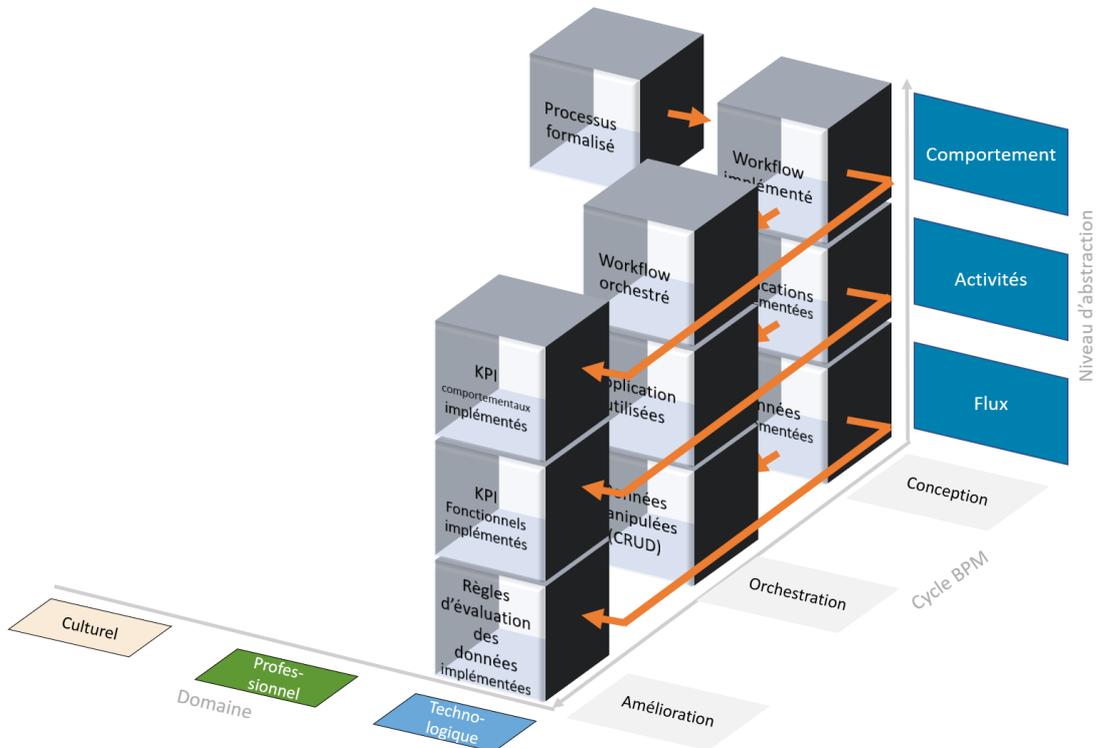


Figure II.12 — Un processus doit être formalisé pour implémenter un workflow, l'orchestration et l'amélioration des flux, activités et comportements est basée sur leurs conceptions

Afin d'implémenter des KPIs (comportementaux, fonctionnels ou bien règles d'évaluation), il faut les avoir auparavant identifiés. L'identification des KPIs comportementaux n'est possible que si les objectifs et les ressources des processus ont été correctement définis. Ces points sont résumés dans la Figure II.13.

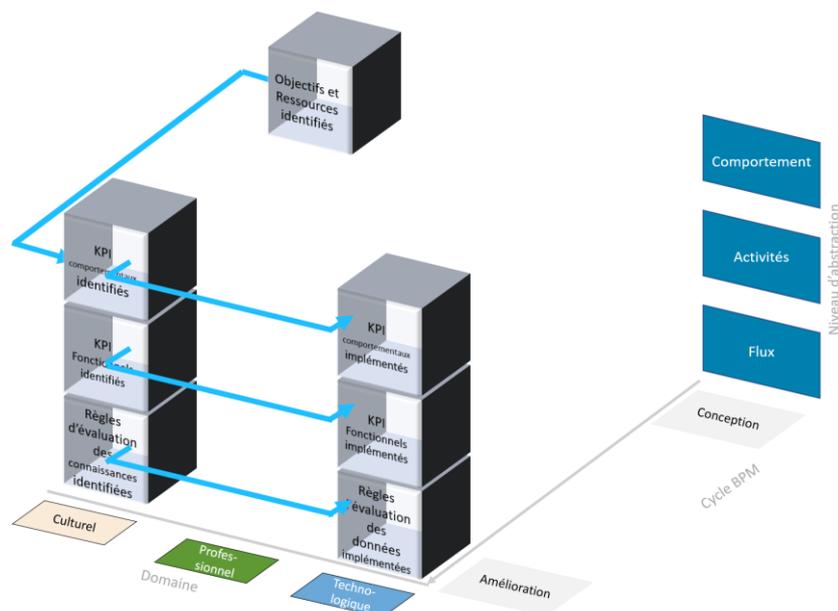


Figure II.13 – Les KPIs doivent être identifiés pour être implémentés. L'identification des KPIs comportementaux nécessite l'identification préalable des objectifs et des ressources.

Tout consultant BPM peut s'accorder sur un point supplémentaire, il est fort compliqué, néanmoins envisageable, de formaliser des processus et de créer des KPIs si les objectifs et les ressources impliqués ne sont pas déjà clairement définis. Aussi, un workflow orchestré forcera une organisation à suivre un processus formalisé. De même l'implémentation des KPIs permet un relevé systématique des mesures et peut grandement faciliter la tâche de celui qui souhaite les étudier dans l'étape de diagnostic. Ces points sont résumés dans la Figure II.14.

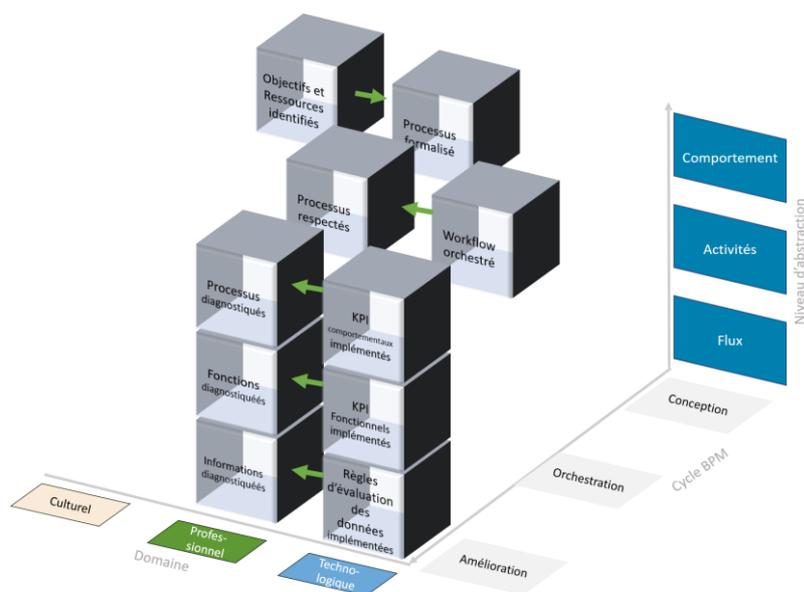


Figure II.14 – La formalisation des processus est facilitée par une bonne identification des objectifs et les ressources. L'orchestration des workflows encouragent le respect de ces processus. L'implémentation des KPIs accompagnent le diagnostic.

La Figure II.15 résume l'ordre dans lequel devraient être atteints les objectifs du cadre de maturité. Il est intéressant de noter que l'objectif « Comprendre le séquençage des compétences » ne dépend d'aucun autre objectif du cadre. En revanche, il ne faut pas oublier que la méthode BPM est un cycle d'amélioration continue et qu'il faut progressivement améliorer (re-concevoir) les processus après les avoir diagnostiqués. C'est pour cela que cet objectif peut être considéré comme « pivot » de la méthode : il est nécessaire de comprendre les comportements pour pouvoir proposer une nouvelle formalisation des processus, afin de les implémenter pour qu'ils soient respectés ...

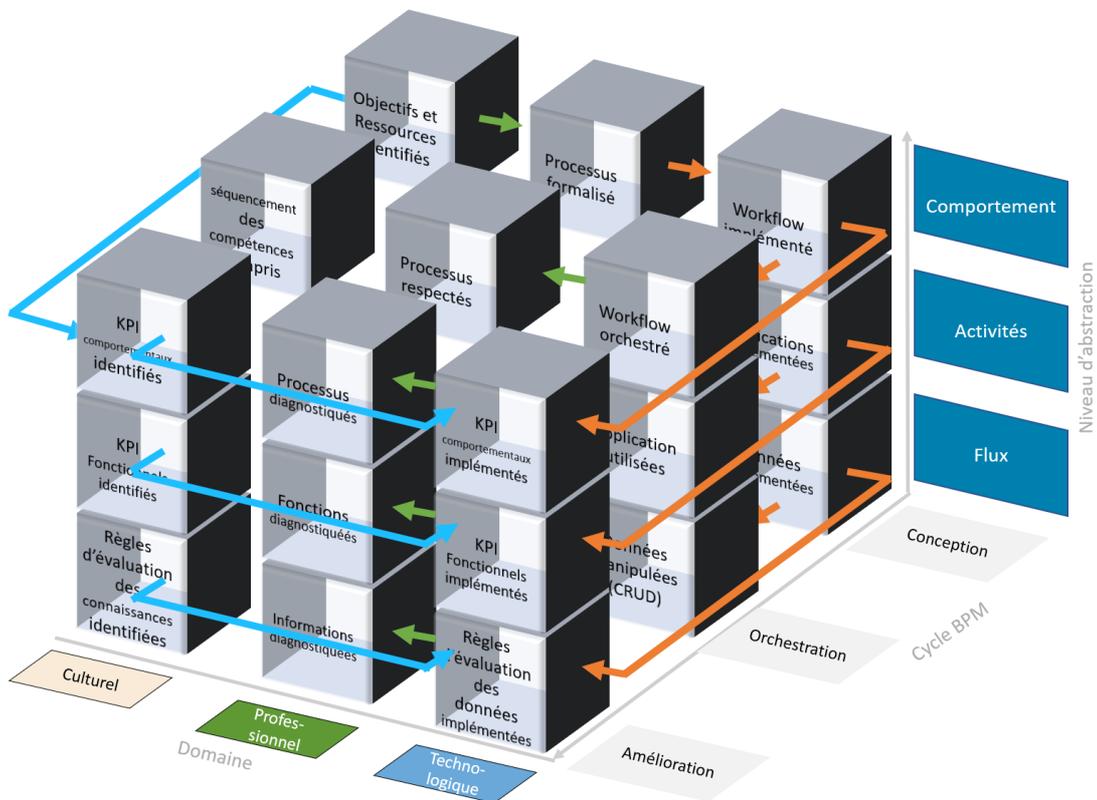


Figure II.15 – Ordre dans lequel les objectifs externes au profil initial standard doivent être atteints

II.3.2. Un parcours permettant de profiter des outils et d'éviter les difficultés

Une fois le constat établi (les difficultés, les outils supportant l'approche et les prérequis de certains objectifs énoncés), le cadre est utilisé afin d'élever le niveau de maturité BPM. Ce gain en maturité suit la démarche suivante :

Le premier objectif qui peut être visé est naturellement l'objectif comportemental et culturel de l'étape de conception, car il est facile pour l'entreprise qui « fait » et « sait faire » d'identifier les objectifs qu'elle se fixe et les

ressources à sa disposition. Il faut tout de même garder à l'esprit qu'elle devra surmonter la complexité de son organisation et des réglementations qu'elle souhaite respecter.

Nos travaux considèrent qu'il faut profiter au maximum de la force de gravité existante dans le cube. En effet réaliser un objectif comportemental oblige à réaliser également les objectifs d'activité et de flux qui lui sont liés. Cette idée encourage l'approche décrite ici. L'ordre d'atteinte des différents objectifs du cadre de maturité BPM est résumé dans la Figure II.16.

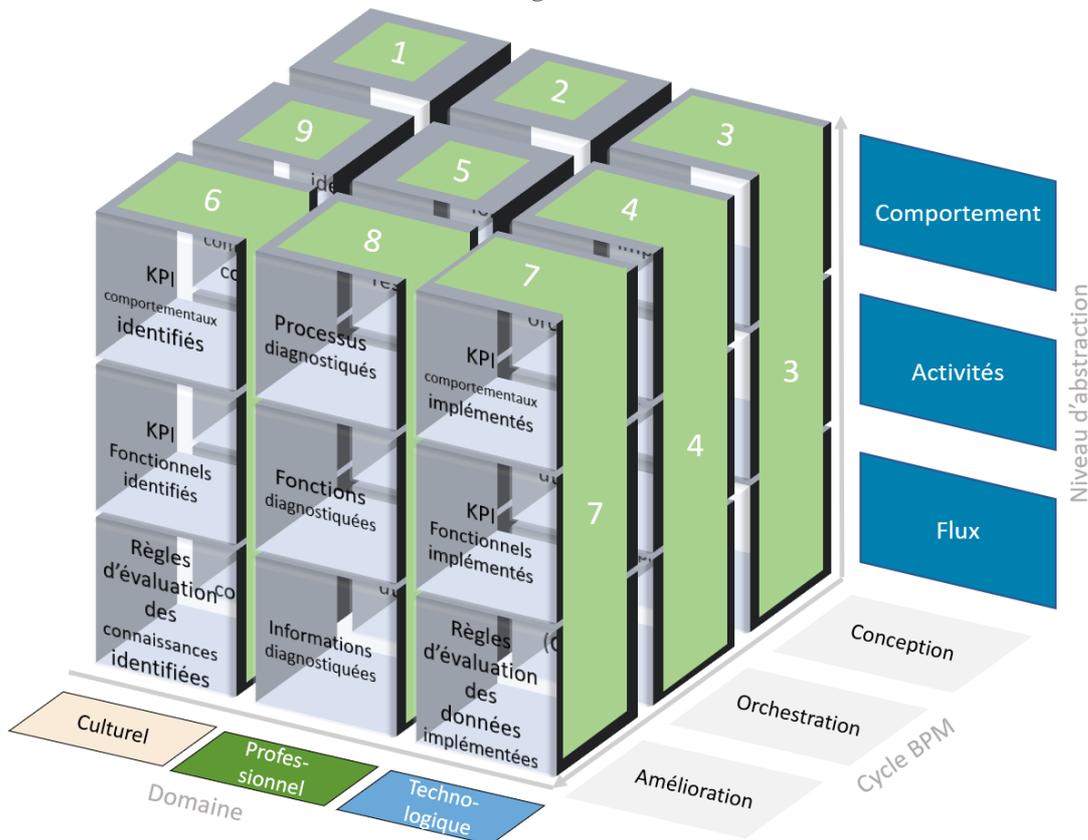


Figure II.16 – Approche proposée pour obtenir un niveau de maturité BPM idéal

Cette approche suggère donc à Turkaway (1) d'identifier les objectifs et les ressources impliquées dans ses processus afin de (2) formaliser ses modèles. Par la suite, il lui est conseillé de profiter des capacités des BPMS : en y (3) implémentant les workflows, les applications connectées et les modèles de données associés. Les BPMS lui permettront (4) d'orchestrer ces workflows assez facilement une fois définis. L'ordre des activités étant ainsi directement dicté par le BPMS, il est concevable de considérer que les processus seront ainsi (5) suivis par les acteurs concernés. Une fois tout automatisé, il lui sera possible (6) d'identifier et (7) d'implémenter les KPIs comportementaux et fonctionnels ainsi que les règles d'évaluation des données circulantes. Ainsi, Turkaway pourra (8) diagnostiquer chaque élément constitutif de son fonctionnement. C'est

ainsi qu'il lui sera possible d'obtenir une (9) bonne compréhension de l'enchaînement des compétences afin de proposer un modèle amélioré de chaque composante de la cartographie.

Ce dernier objectif constitue la position pivot du cadre d'évaluation : Une fois obtenu, il est possible de reconcevoir les modèles et ainsi d'entamer une nouvelle boucle du cycle BPM.

II.3.3. Support IT pour l'approche proposée

La méthode proposée dans la section précédente tire au maximum profit des capacités des BPMS. Malheureusement ils n'interviennent qu'à partir de l'étape numéro 3 (implémentation, orchestration technologique et orchestration professionnelle des processus) et nous pensons qu'ils augmenteraient grandement en efficacité s'ils étaient accompagnés de fonctionnalités (i) d'aide à l'identification d'objectifs et de ressources et (ii) d'aide à la formalisation de processus (objectifs 1 et 2). De même, ils pourraient être complétés par des outils pour identifier et implémenter des KPI ainsi que l'élaboration de diagnostics. Ainsi, nous souhaiterions voir ce cadre d'évaluation utilisé lors de l'élaboration de nouveaux projets de recherche, afin de concevoir de nouvelles fonctionnalités aux BPMS qui permettraient à un industriel d'intégrer simplement la démarche BPM à son fonctionnement sans l'aide d'un consultant.

II.4. ÉVALUATION ET LIMITES DU CADRE DE MATURITE

II.4.1. Théorie du BPM

Les référentiels de maturité BPM de la littérature, présentés en Tableau II.10, montrent que les niveaux d'abstraction sont rarement étudiés. Notre cadre de maturité reconnaît que l'amélioration continue des flux et des activités est une réelle progression vers un meilleur niveau de maturité BPM, alors que les autres référentiels ne reconnaissent que les comportements. Même si cet axe rare rendra notre cadre moins comparable aux autres, nous pensons que cette vision pourrait être utile pour les modèles de maturité visant à guider la mise en œuvre de la démarche BPM, puisqu'elle impose l'intégration d'une démarche d'amélioration

continue de fond (pas uniquement des processus, mais aussi des fonctions et des données) et non de surface.

Pour autant que nous le sachions, c'est la première fois que la notion de forces structurantes est exprimée dans les modèles de maturité. Une force peut être considérée comme un axe le long duquel une position ne peut être atteinte sans la précédente, signifiant que les positions le long de cet axe sont dépendantes des précédentes. Pour les modèles de maturité qui ne reposent que sur une dimension linéaire, cette notion existe déjà implicitement, mais l'absence d'identification des contraintes préalables qui aident à guider l'utilisateur dans la mise en œuvre de son approche BPM est une lacune des autres cadres.

Une première version du cadre ne considérait pas les deux étapes, Contrôle et Diagnostic, de l'approche BPM comme fusionnées, mais la couche Diagnostic semblait vide (composée uniquement de réalisations telles que : identifier les défauts). Nous avons décidé de conserver le cadre avec seulement trois niveaux pour l'axe du cycle BPM afin d'élargir les perspectives pour l'utilisation future du cadre.

II.4.2. Application industrielle

Une évaluation du cadre suivant les directives de (Van Looy, Poels, et Snoeck 2017) est présentée en A

nnexe D. Cette première évaluation révèle que le cadre fournit des descriptions plus approfondies des objectifs à réaliser, mais qu'il peut être trop dépendant des compétences des évaluateurs. En effet l'évaluation des objectifs du domaine culturel repose parfois sur des aspects subjectifs. Cependant, nous pensons qu'il est important de mesurer la culture BPM d'une organisation pour évaluer son niveau global de maturité BPM et donc de garder ce domaine dans le cadre.

(Tarhan, Turetken, et Reijers 2016) ont démontré qu'un niveau de maturité accru, par rapport à un modèle de maturité, mène à une meilleure performance commerciale, ce qui est un objectif convoité par chaque organisation. Pourtant, puisque la plupart des modèles de maturité présentent des caractéristiques descriptives plutôt que prescriptives (comme nous l'avons mentionné en section II.2.1), les industriels manquent de lignes directrices pour améliorer leur niveau de maturité. Le cadre proposé décrit les positions en termes de réalisations, aidant ainsi les organisations à voir ce qu'elles doivent accomplir pour atteindre un meilleur niveau de maturité.

La structure non linéaire du cadre permet à chaque organisation de placer son avancement dans la structure, révélant que différentes stratégies peuvent

exister pour atteindre un niveau de maturité BPM élevé. Aujourd'hui, l'évolution et l'émergence des technologies (Intelligence Artificielle, Big Data, Cloud Computing) mènent à penser que la technologie permettrait bientôt aux entreprises d'atteindre des niveaux de maturité plus élevés en moins de temps que nécessaire. Un alignement adéquat de l'infrastructure informatique et de la stratégie de réingénierie des processus a toujours été identifié (Al-Mashari et Zairi 1999; Indulska et al. 2009; Recker, Mendling, et Hahn 2013) comme un facteur clé de succès pour mettre en œuvre une stratégie BPM. Mais malgré le partenariat naturel qui a toujours existé entre le BPM et les technologies de l'information (Davenport et Short 1990), les ingénieurs industriels n'ont pas encore pleinement exploité l'idée de mieux exploiter l'informatique pour mettre en œuvre une stratégie BPM (Yongsiriwit 2017), en grande partie du fait de l'incompréhension qui peut exister entre la culture « métier » et le déploiement de systèmes informatiques. Si les systèmes informatiques doivent s'adapter aux spécificités de l'organisation (et non l'inverse), il n'en demeure pas moins que la plupart des outils de types ERP ou systèmes d'information enferment les organisations dans des schémas fonctionnels correspondant aux spécificités de l'outil et non de l'organisation. Nous pensons que le cadre pourrait être utilisé pour encourager les futures recherches.

(Harmon 2018) souligne qu'aujourd'hui, les organisations n'implémentent pas le BPM dans toute l'entreprise, mais se concentrent plutôt sur des processus spécifiques et « passent d'un effort d'amélioration de processus à un autre ». À notre connaissance, c'est la première fois qu'un modèle de maturité est conçu pour être utilisé à la fois dans l'évaluation du niveau global de maturité BPM d'une organisation et pour l'évaluation d'une simple procédure dans une organisation. La plupart des cadres de maturité contiennent également des réalisations telles que « les processus doivent être définis » ou « les données doivent être identifiées ». Nous avons décidé d'envisager les mêmes résultats pour les procédures uniques. Ainsi, le cadre peut être utilisé pour suivre la mise en œuvre de cette nouvelle procédure jusqu'à ce qu'elle atteigne le même niveau que les autres procédures existantes dans l'entreprise. La différence entre ces deux cas réside dans le profil initial de maturité impliqué : lors de la mise en œuvre de nouvelles procédures, aucune position n'a encore été atteinte, alors que guider une organisation dans sa mise en œuvre complète de la démarche BPM nécessite de déterminer quelles positions ont déjà été atteintes. En raison de sa non-linéarité, nous considérons ce besoin initial de positionner une entreprise dans le cadre comme la principale limite de notre travail.

De plus, il conviendrait de mener une étude bien plus approfondie sur les difficultés et les outils à placer dans le cadre de maturité sur l'intégralité du cadre et non seulement autour du profil initial standard. En effet, de nombreuses théories

complètent le domaine du BPM et pourraient donc constituer ces facilités : fonctionnalités d'exploration de données et de processus, outils d'optimisation des flux, optimisation de l'organisation des entrepôts, simulation (flux, atelier, production, produit), Lean management, outils de suivi des activités métiers, etc. Nous pensons qu'il serait significatif de suggérer comment les technologies de l'information pourraient évoluer afin d'élever les barrières qui subsistent pour implémenter une démarche BPM et ainsi constituer un guide pour les futurs sujets de recherche.

II.5. CONCLUSION

Notre objectif était de nous concentrer sur la façon d'améliorer la mise en œuvre du BPM industriel et nous croyons fermement que, malgré les nombreuses fonctionnalités existantes pour guider partiellement les entreprises, les industries manquent de conseils pour mettre en œuvre le BPM. Afin d'aider les organisations à mettre en œuvre l'ensemble de leur approche BPM, cette thèse tente de concevoir un nouveau cadre de référence pour l'évaluation de la maturité BPM.

Ce cadre répond tout d'abord à un premier besoin : **identifier les critères qui caractérisent la maturité BPM**. Nous avons identifié trois domaines définissant la maturité BPM globale d'une organisation : le cycle BPM (Conception, Orchestration, Amélioration), le domaine (Culture, Business, IT) et le niveau d'abstraction (flux, activités, comportement). Nous avons décrit les 27 positions résultant des intersections entre ces domaines en termes d'objectifs.

Le cadre proposé peut être utilisé pour (i) évaluer la maturité d'une organisation en matière de BPM ou (ii) aider à mettre en œuvre de nouvelles procédures dans la structure en indiquant les réalisations qui doivent être accomplies afin d'atteindre un niveau de maturité supérieur. Il aiderait effectivement une entreprise à identifier, préconiser et prioriser les prochaines étapes de la mise en place de sa démarche BPM. Ainsi les entreprises pourraient gagner en autonomie sur l'implémentation de la méthode dans leur structure. Les industriels qui souhaitent tout de même être accompagnés par des consultants BPM pourraient tout de même utiliser ce cadre comme base commune de discussion pour constater leur niveau actuel de maturité et visualiser le chemin qu'ils entreprendront ensemble pour parvenir à un meilleur niveau de maturité. Cette deuxième utilisation du cadre répond à un deuxième besoin : **lister ce que devrait faire une organisation pour atteindre un niveau de maturité plus élevé**. Selon l'organisation, l'ordre dans lequel les positions sont atteintes peut varier, ce qui signifie que notre cadre pourrait révéler différentes stratégies pour atteindre des niveaux de maturité élevés. Suivant cette idée, nous pensons que notre

cadre pourrait être vu comme une aide à la décision pour identifier les actions à mener et les prioriser à l'instar d'une carte itinérante dans laquelle on devrait éviter les difficultés et préférer suivre une suite d'étapes faciles.

Nous pensons que notre cadre de maturité pourrait également être utilisé d'une troisième manière : les chercheurs spécialisés dans le domaine du BPM peuvent percevoir le cadre de maturité comme **un état de l'art des difficultés rencontrés lors de la démarche, permettant ainsi d'identifier les besoins qu'il reste à combler** pour guider les industriels sur la totalité de l'implémentation de la démarche. C'est pourquoi le chapitre suivant est dédié à **lever deux barrières importantes identifiées dans le cadre : le manque de connaissance en modélisation et la complexité de l'organisation.**

Chapitre III. 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 informatibles.

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.

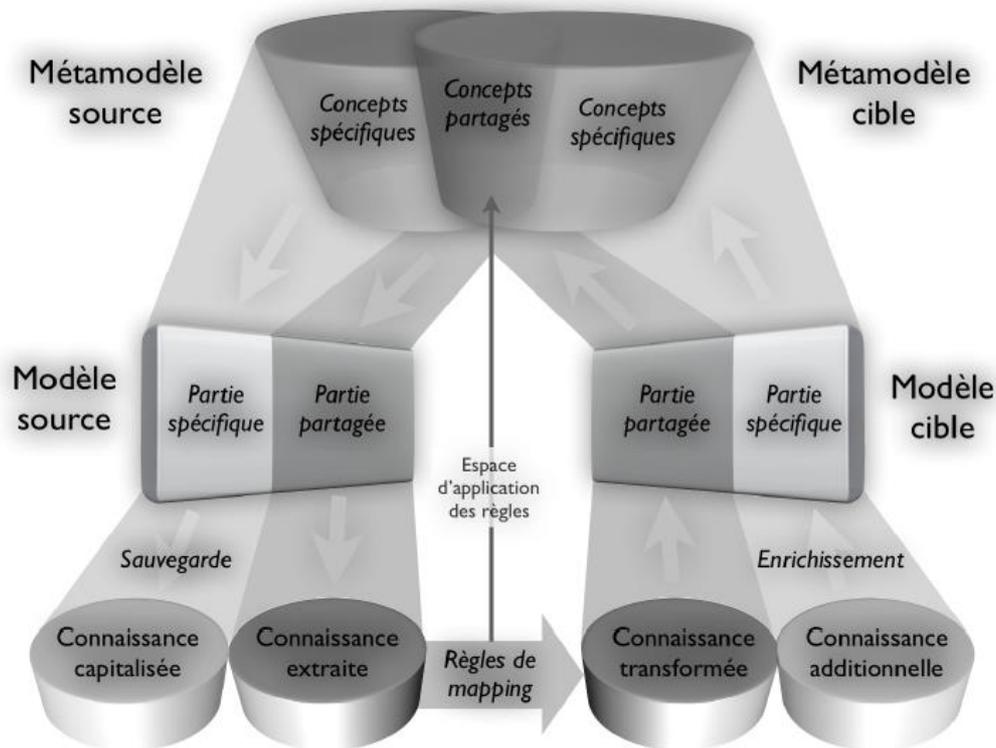


Figure III.1 – Schéma de principe de la transformation de modèles (Benaben 2012)

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.

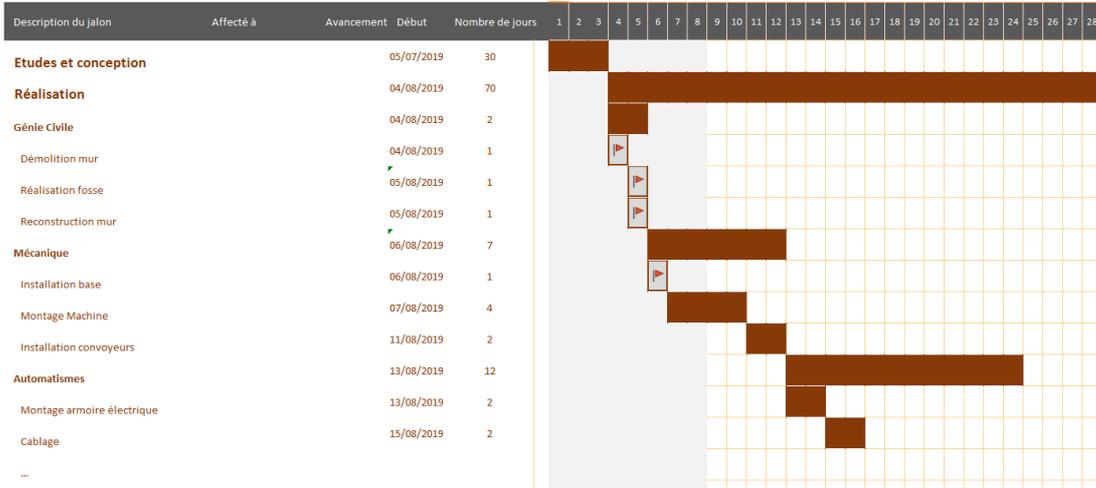


Figure III.2 – Diagramme Gantt

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.

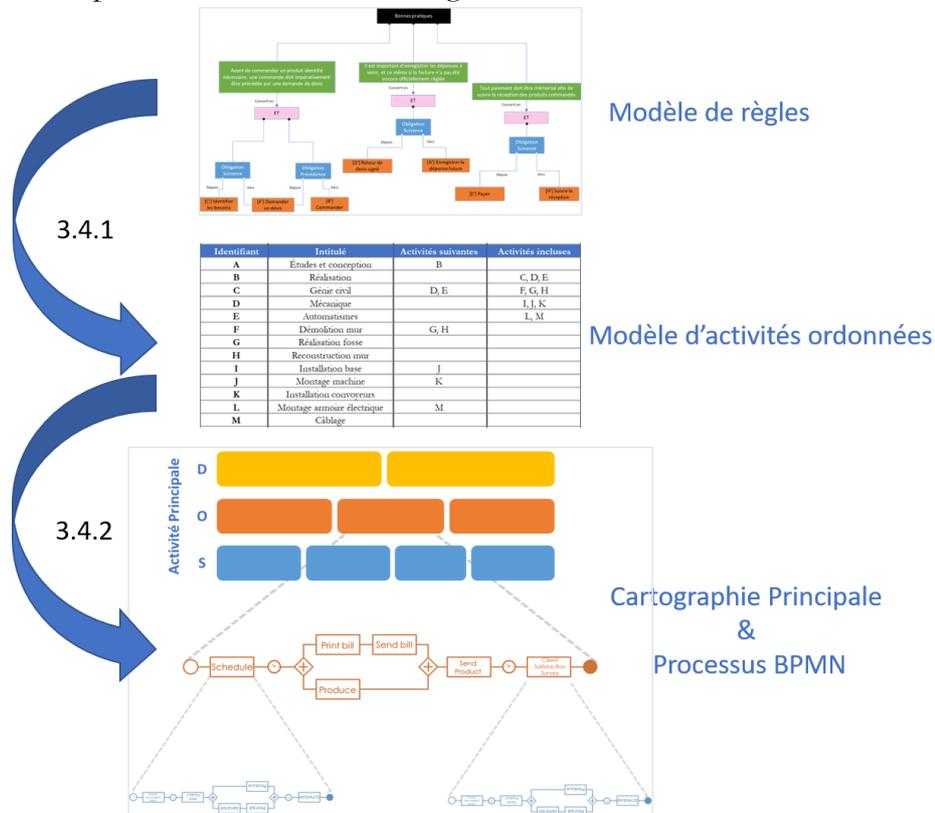


Figure III.3 – Méthodologie employée pour générer une cartographie de processus spécifique et conforme

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.

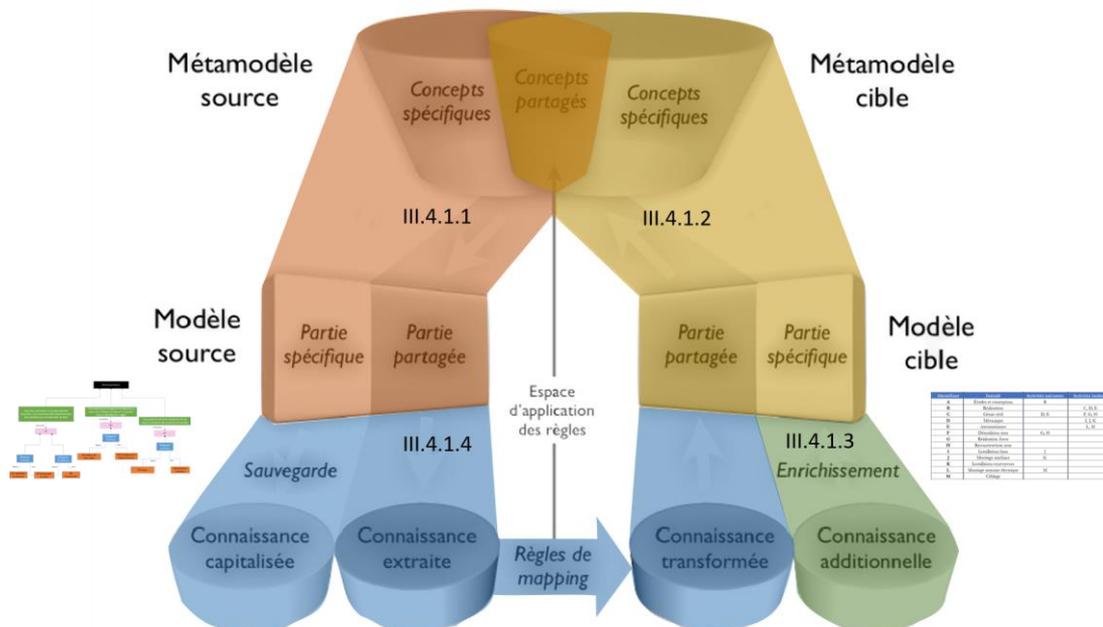


Figure III.4 — Sections traitant de la transformation d'un modèle de formalisation des règles vers un modèle d'activités ordonnées

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 ».

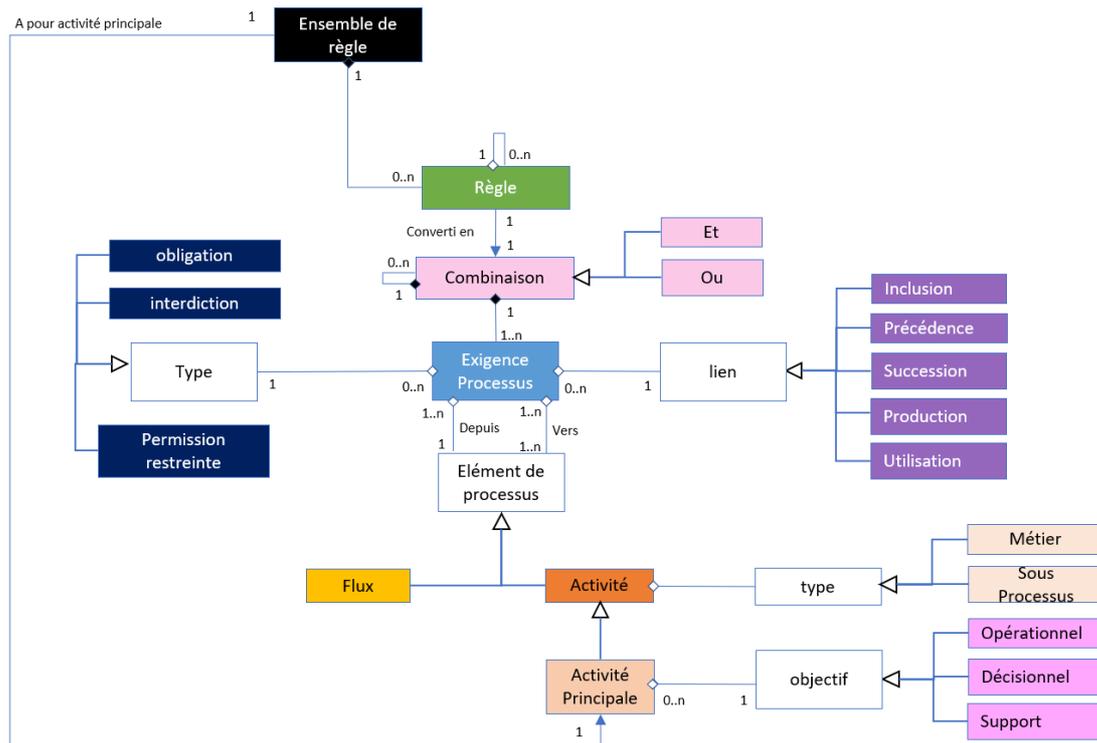


Figure III.5 — Métamodèle Source : Formalisation des règles

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 ».

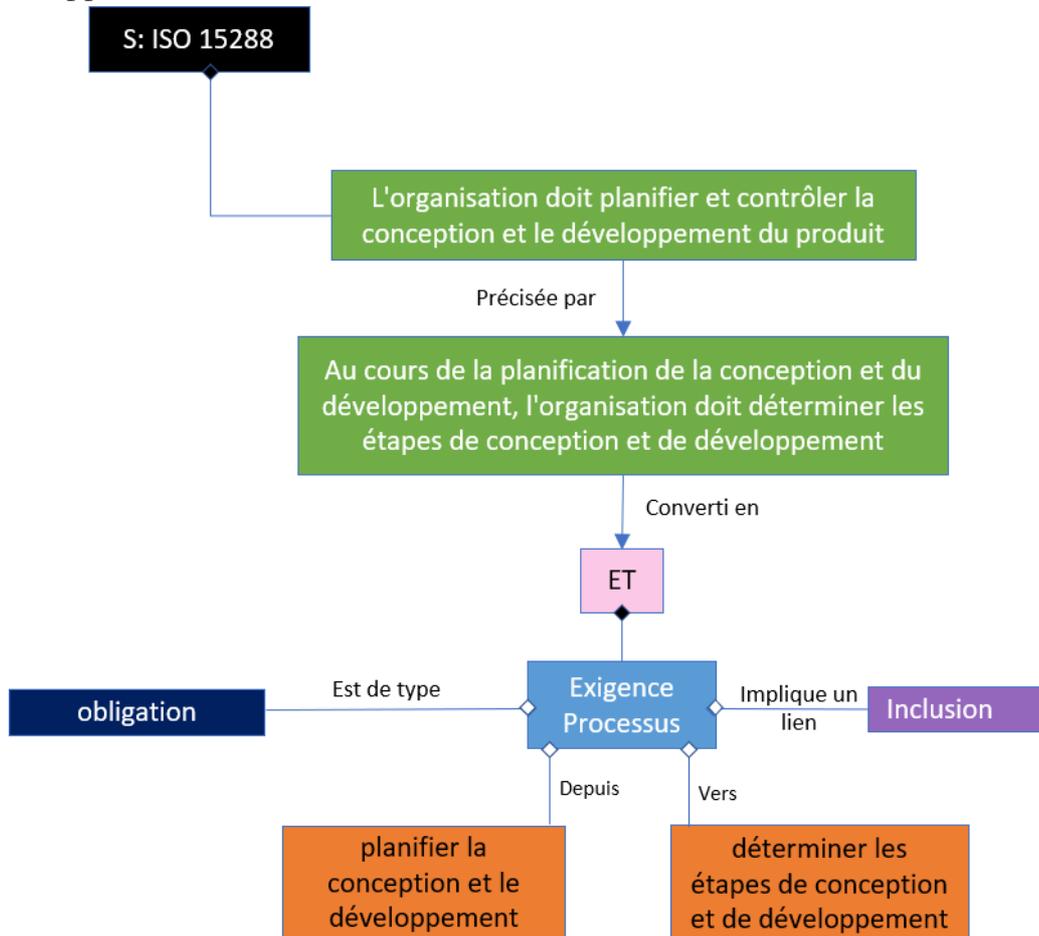


Figure III.6 — Modèle partiel de représentation d'un exemple de règles (tiré de la norme ISO 15288)

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).

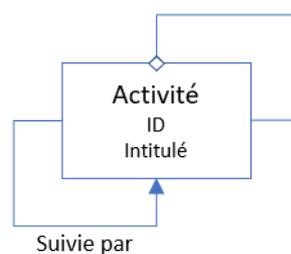


Figure III.7 — Métamodèle des activités ordonnées

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' $\text{Activité } 0 = \text{Activité } 0'$, 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

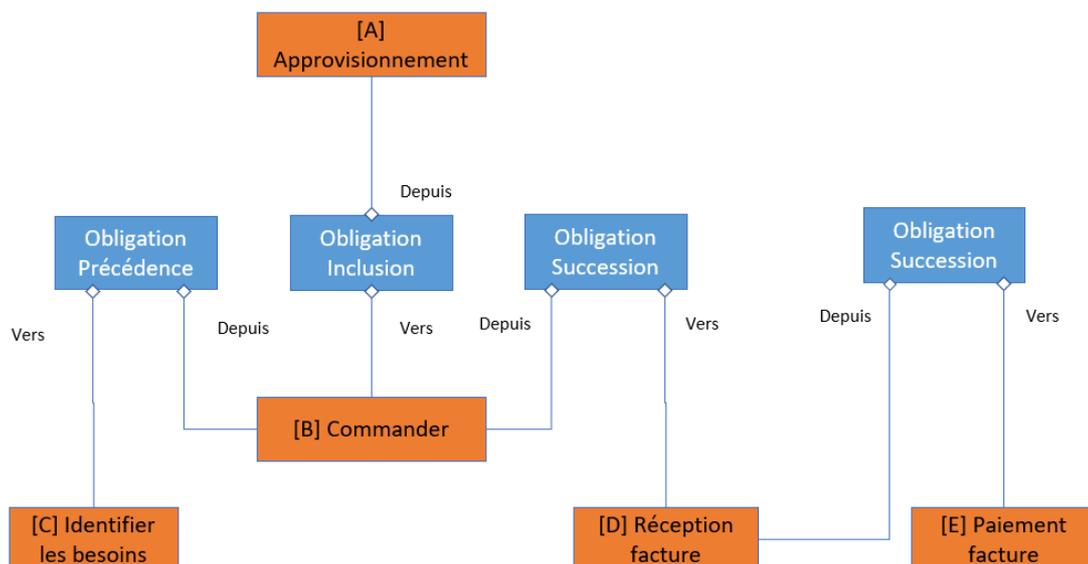


Figure III.8 — Modèle partiel respectant le métamodèle de formalisation des règles : exemple de parcours du graphe pour identifier les activités incluses dans l'activité d'approvisionnement

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	Paiement 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 »

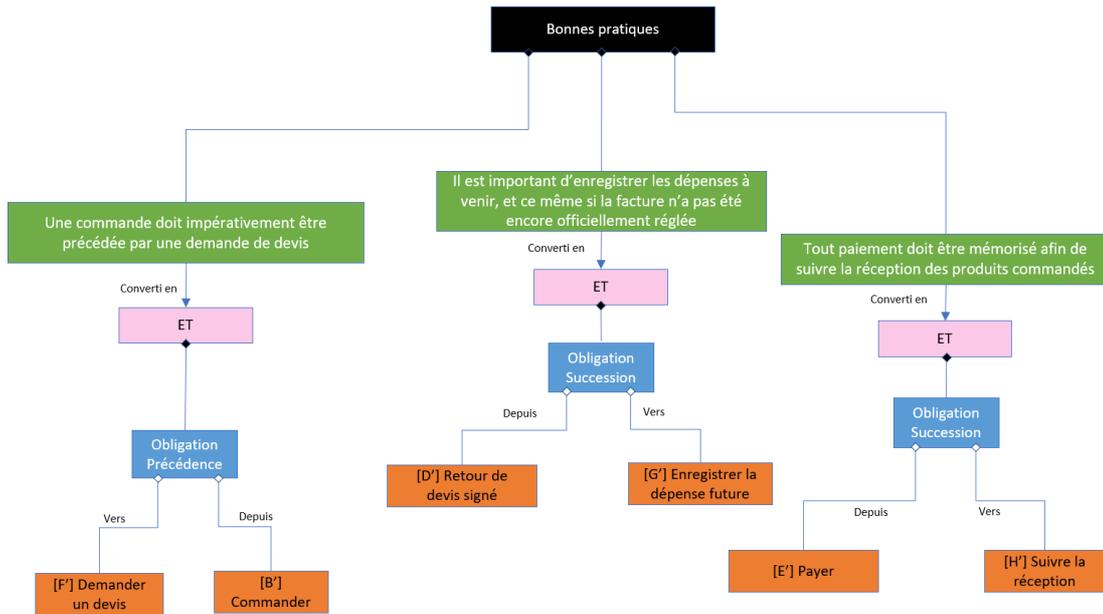


Figure III.9 – Règles externes à respecter

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 la 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.

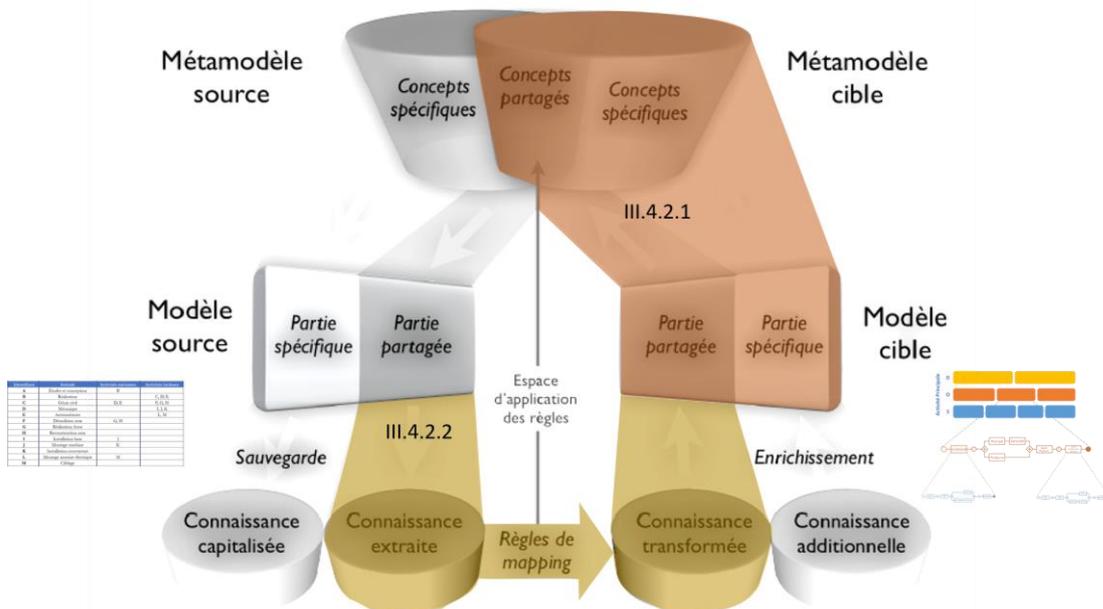


Figure III.10 — Sections traitant de la transformation d'un modèle d'activités ordonnées vers une cartographie de processus

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 événement. 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 événements. La Figure III.12 montre un modèle inspiré du BPMN, mais sans les concepts de « Pools » et de « Lane ».

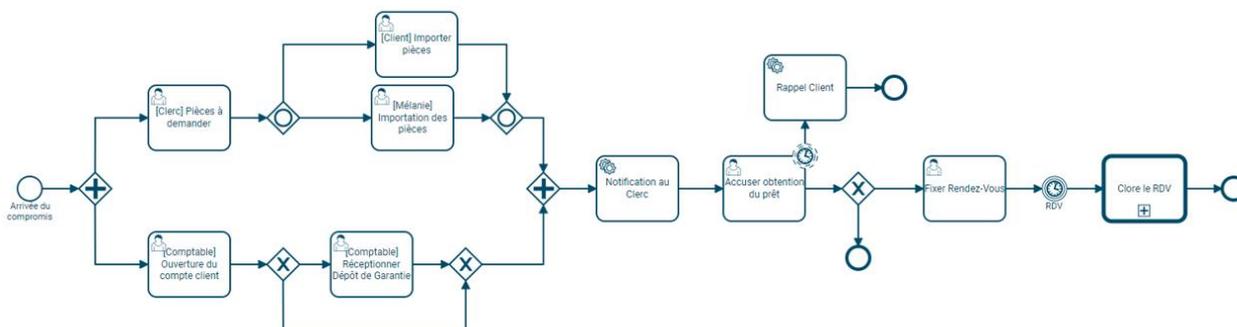


Figure III.12 — Exemple d'un modèle BPMN

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 événement

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.

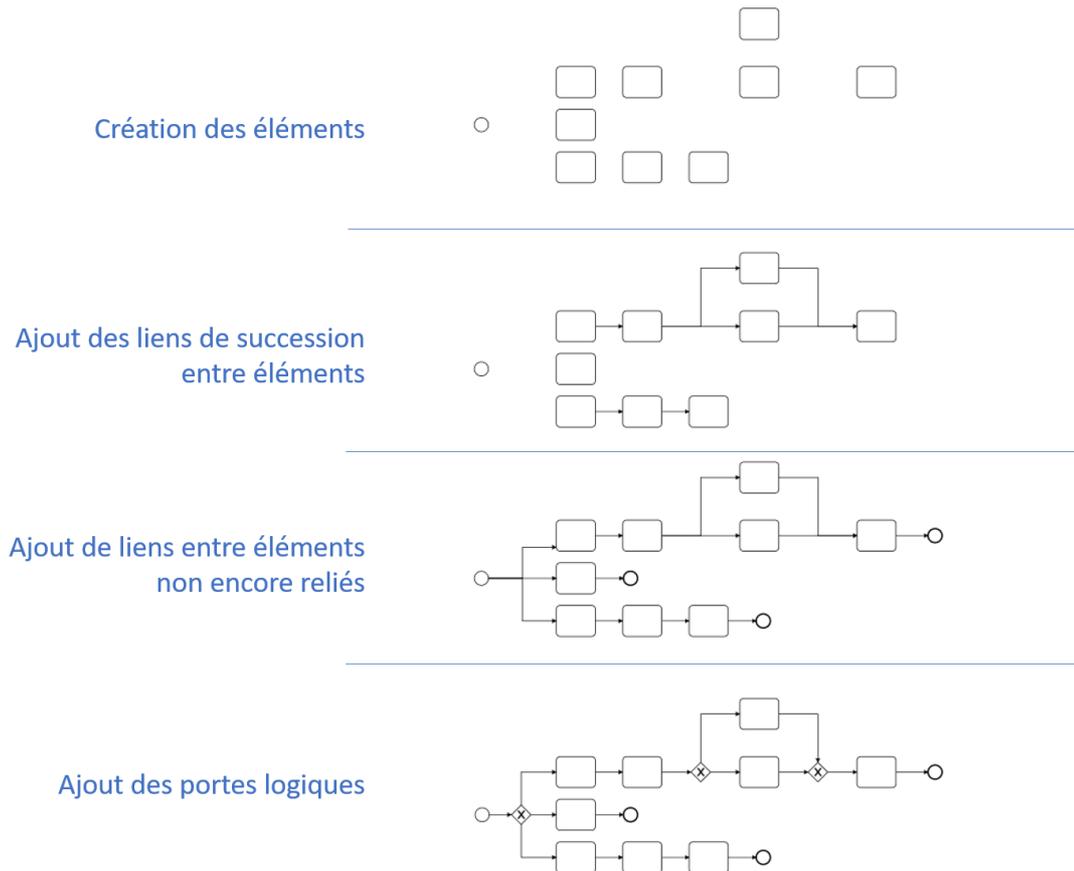


Figure III.14 — Les 4 étapes de la création d'un processus à partir d'un modèle d'activités ordonnées

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.

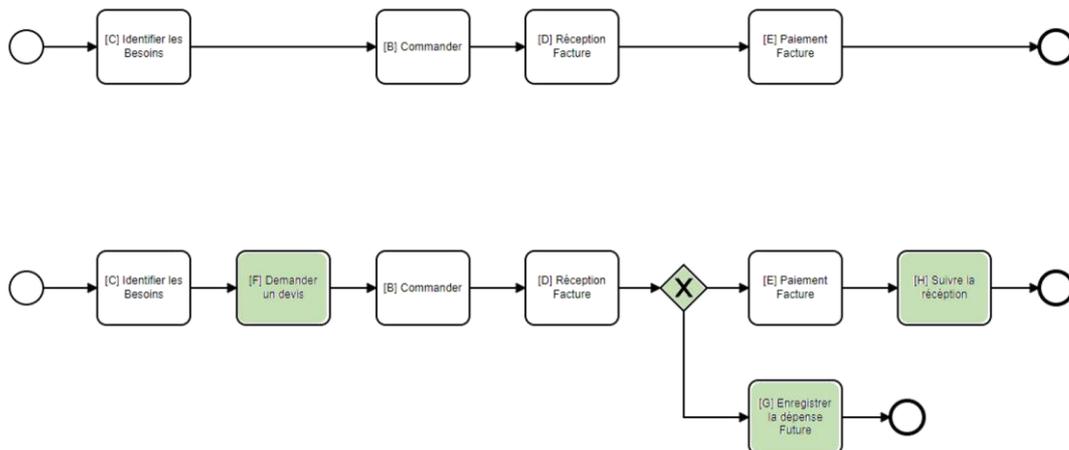


Figure III.15 — Exemples de modèles BPMN générés à partir d'un modèle d'activités ordonnées obtenu à partir de (haut) règles internes ou (bas) règles internes et externes.

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)*.

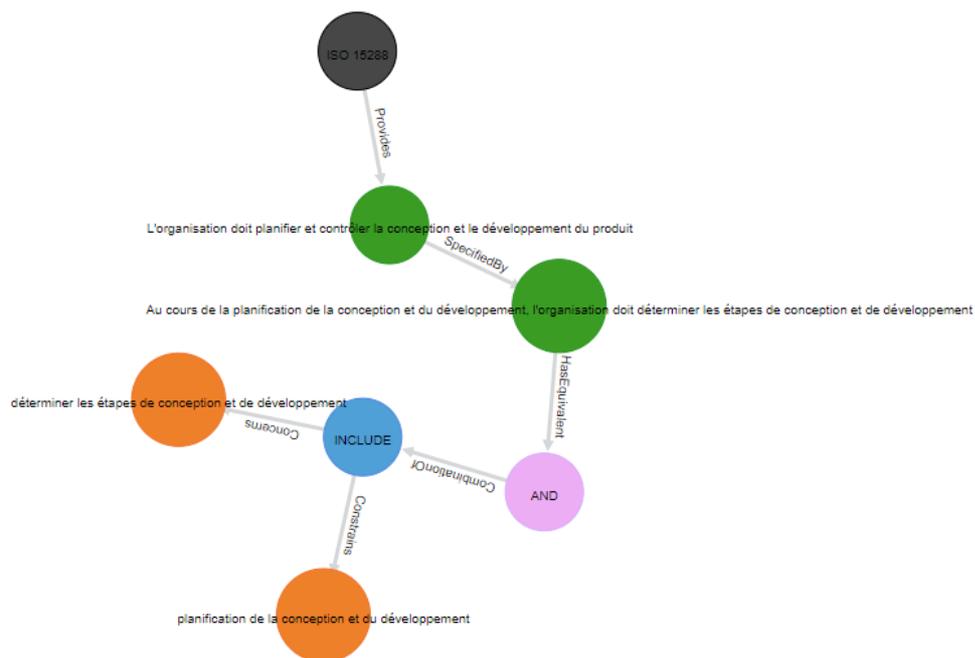


Figure III.16 — Extrait de la base de règles implémentée dans OrientDB

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.

Chapitre IV. Use Case

IV.1. INTRODUCTION

Ce chapitre présente la mise en place de la solution Iterop chez le Comité d'Établissement (CE) Airbus. Le CE Airbus a accepté de témoigner sur le déroulé de la méthode et sur son expérience avec Iterop (Iterop 2018). Cet exemple permet d'illustrer à la fois l'accompagnement vers un meilleur niveau de maturité en suivant la méthodologie proposée au Chapitre II ainsi que d'utiliser le prototype détaillé dans le Chapitre III. Cet accompagnement à la modélisation de processus, utilisé par le biais du prototype réalisé, est également comparé à la modélisation produite par les consultants d'Iterop.

IV.2. CONTEXTE

Airbus Opération est une coopération internationale spécialisée dans les travaux de construction aéronautique. Elle réalise l'assemblage final de certains avions comme l'A320 et l'A350. La société intervient aussi dans la fabrication de certains composants comme les mâts réacteurs. Son effectif comprend 10 000 salariés.

Avec un tel effectif, elle dispose d'un Comité d'Établissement (CE), instance représentative du personnel depuis début 2015. Le CE assure l'expression collective des salariés et permet la prise en compte de leurs intérêts dans les décisions relatives à la vie dans l'entreprise (gestion et évolution économique et financière, organisation du travail, formation professionnelle, techniques de production). Le service achats du CE a la possibilité de faire des achats groupés à des tarifs préférentiels pour en faire bénéficier les salariés de l'entreprise lorsqu'ils effectuent une « demande de prix » (DP). Depuis 2015, le service traite les demandes des salariés toulousains par mail et en utilisant des fiches types pour gérer chaque demande jusqu'au bout. Dans un objectif de traçabilité et de gestion de la performance de cette activité, le responsable des achats du CE Airbus Opérations a décidé d'entreprendre une démarche BPM.

IV.3. UTILISATION DU CADRE DE MATURITE

IV.3.1. Évaluation du niveau initial de maturité

Lorsqu'il a décidé d'entreprendre la démarche BPM, le responsable des achats du Comité d'Etablissement Airbus opération à Toulouse, souhaitait avant tout dématérialiser le processus de demande de prix (DP) de son service. En effet chaque DP était initiée par mail puis suivie grâce à une feuille type dépendant du type de demande. La démarche BPM a donc été entreprise dans un premier objectif de centralisation des données sur un logiciel. Cette section montre, à travers la méthodologie du cube de maturité présenté dans le Chapitre II, comment la démarche BPM a été progressivement installée dans le service.

Comme toute organisation qui souhaite entreprendre la démarche BPM concernant une activité déjà pratiquée dans son entreprise, le service achat du CE possédait déjà les positions de « faire » et de « savoir-faire ». Étant donné leur fonctionnement par « fiches types » nous pouvons également ajouter à leur profil initial les deux positions « conception » du domaine professionnel et culturel : l'identification et la formalisation des flux et des activités. Au début de la démarche, le service Achat du CE Airbus possédait donc bien le « profil minimum » constaté dans le Chapitre II. Ce profil initial est représenté en Figure IV.1. Si on utilise l'échelle du CMMI pour évaluer la maturité initiale BPM du service, elle serait de 1 car aucun processus de la cartographie n'était formalisé.

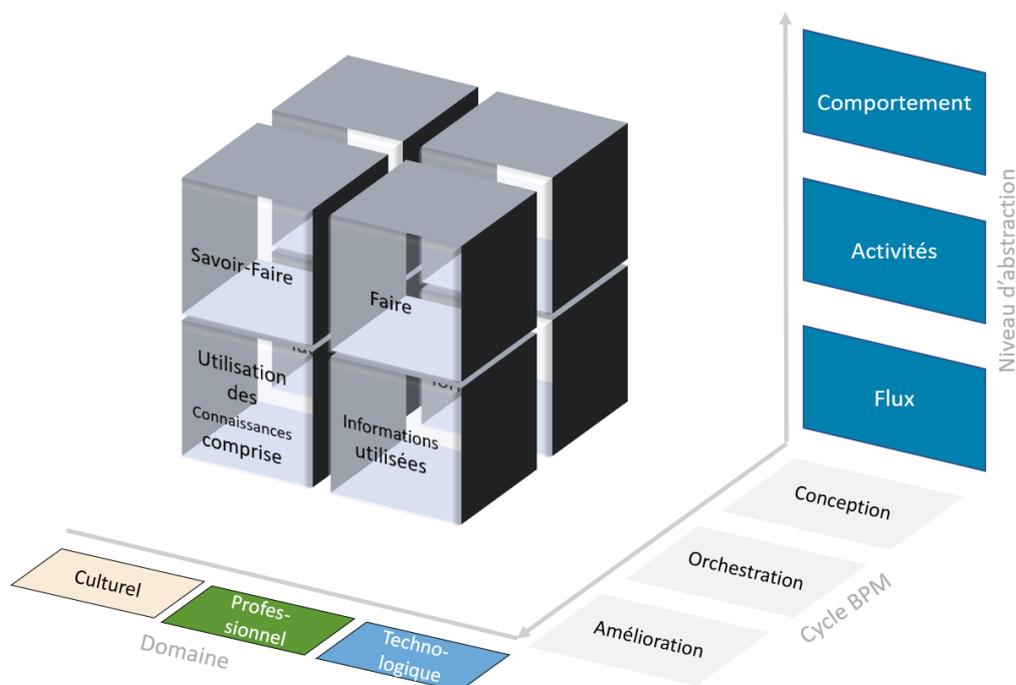


Figure IV.1 — Profil initial du service Achat du CE Airbus avant d'implémenter la démarche BPM

IV.3.2. Suivi de l'évolution de la maturité BPM lors de l'implémentation de la démarche

La démarche utilisée pour implémenter le BPM dans le service achat du CE Airbus suit l'approche proposée dans le Chapitre II. Nous avons donc profité au maximum de la « force de gravité » présente dans le cube, en ayant une approche basée sur les comportements. La première étape de la démarche a été de rassembler l'ensemble des informations concernant le fonctionnement de l'activité sous la forme d'un cahier des charges. Dans le cube de maturité, cette étape correspond à l'identification des ressources et des objectifs (1) depuis l'expression du besoin par le demandeur à l'intégration de la demande dans le progiciel de type ERP (Entreprise Resource Planning) du service. Ce cahier des charges a principalement été rédigé par le responsable du service achat avant qu'il soit accompagné par des consultants. Par la suite, les trois premiers échanges de deux heures avec le consultant ont permis d'appréhender ces requêtes et de préciser certaines fonctionnalités.

La deuxième étape de la méthode a consisté à interpréter le cahier des charges précédemment défini pour (2) proposer une cartographie de processus respectant toutes les règles du cahier des charges (i.e. les règles internes et externes souhaitées). Cette étape a nécessité une demi-journée de travail par semaine ainsi qu'un point hebdomadaire d'une durée d'une heure pour suivre la progression et le respect des règles exprimées dans le cahier des charges. Une fois la cartographie de processus validée, l'utilisation de l'outil Iterop a permis assez rapidement (3) d'implémenter le processus, en le connectant aux applications existantes, et utilisant les données initialement identifiées, puis (4) d'orchestrer le processus.

Ce n'est qu'une fois l'orchestration validée que le service achat du CE Airbus a intégré le logiciel dans ses opérations. Après une demi-journée de formation, la cartographie de processus définie avec le responsable des achats a été mise en production. Autrement dit, le service achat s'est laissé guider par le workflow et a donc pu valider l'objectif consistant à (5) appliquer les processus définis.

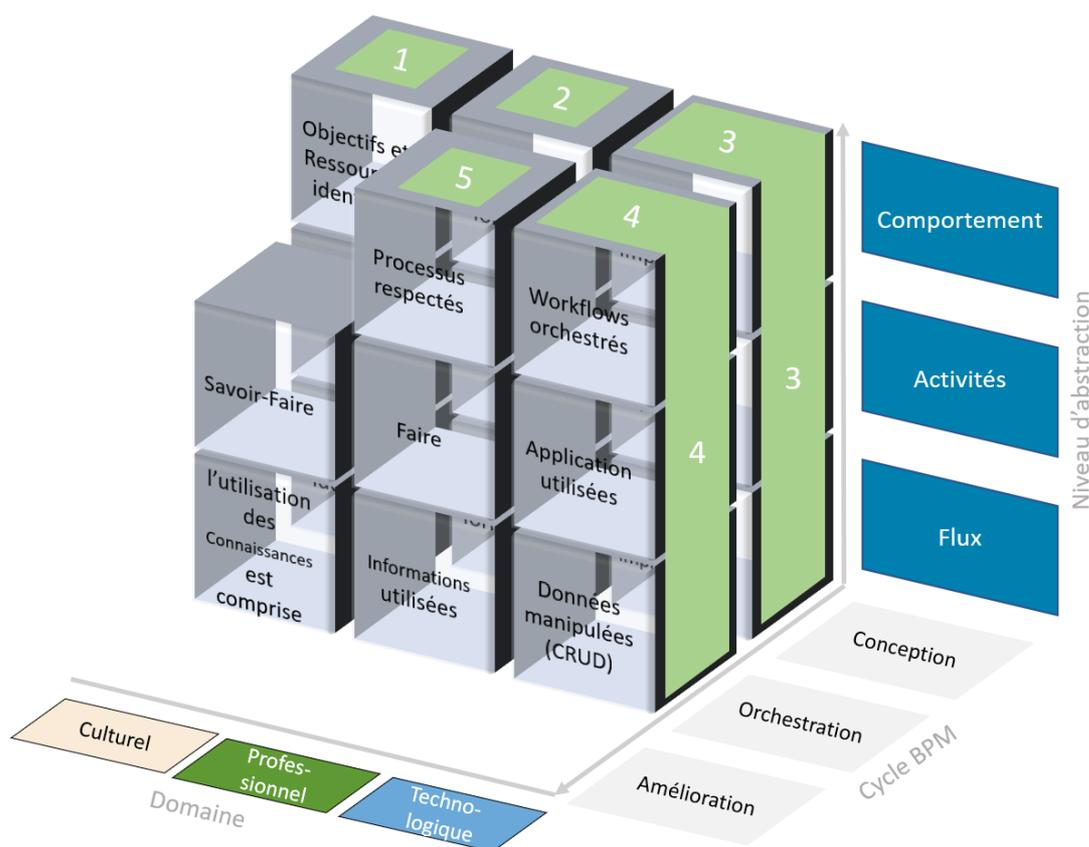


Figure IV.2 — Évolution de la maturité BPM du service achats du CE Airbus jusqu'à la Mise en Production de son processus de demande de prix

Une fois le processus mis en production, il a été possible de commencer à suivre son déroulement pour évaluer la performance du service. Pour cela il a d'abord fallu (6) identifier les indicateurs de performance de l'activité (KPI). Des indicateurs « génériques » sont présents par défaut sur certains BPMS, mais la plupart des KPIs désirés par le responsable des achats étaient spécifiques et ont donc dû être (7) configurés manuellement, ce qui a nécessité 4 heures de travail (réflexion, et implémentation).

Une fois les KPIs configurés, l'exécution du processus a pu être suivie par ses superviseurs. Les résultats remontés ont révélé de potentiels points améliorables sur certaines activités ou bien même sur la cartographie de processus en elle-même, comme la surcharge de certains acteurs ou la notification en masse. La cartographie de processus a pu être (8) diagnostiquée par les responsables, leur permettant de mieux (9) comprendre le séquençage des activités et de percevoir des axes d'amélioration sur le processus, comme, par exemple, l'ajout d'activités ou la suppression de notifications par mail. C'est ainsi qu'un nouveau cycle BPM a pu être entamé : en formulant de nouveaux besoins, en les ajoutant au processus, en faisant évoluer le workflow et en mettant en production les améliorations. Les KPI ont ainsi révélé que les modifications effectuées ont bien permis d'améliorer

la performance du processus des demandes de prix, montrant par exemple la baisse de charge des acteurs et la diminution du nombre de notifications. La Figure IV.3 montre l'évolution de la maturité BPM du service achats après la mise en production du processus de demande de prix.

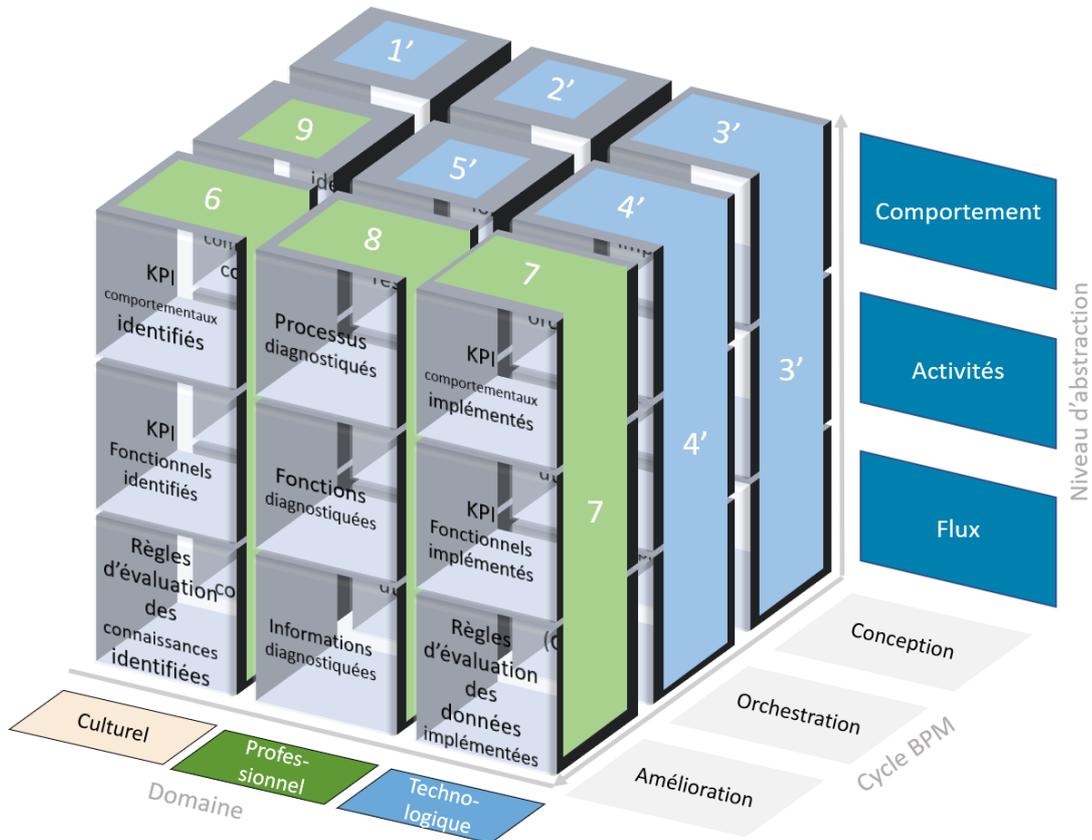


Figure IV.3 — Évolution de la maturité BPM du CE-Airbus après la mise en production du processus de Demande de Prix

C'est ainsi que le service achats du CE Airbus a progressivement intégré la démarche BPM à son fonctionnement, validant ainsi l'approche proposée au Chapitre II. Par la suite, ils ont continué à formuler leurs besoins concernant d'autres activités et leur cartographie s'est vue complétée d'un processus de référencement de fournisseur et d'un processus de gestion des contrats. Sur l'échelle du CMMI, le service achat a aujourd'hui atteint le niveau 2 car elle a défini quelques-uns de ses processus principaux. En suivant cette méthode pour la totalité de ses processus, le service obtiendra rapidement le Niveau 3 du CMMI (cartographie complète). Il lui faudra ensuite atteindre les étapes 6, 7 et 8 pour avoir des processus contrôlés (niveau 4) et l'étape 9 pour les améliorer continuellement (niveau 5).

IV.3.3. Les difficultés rencontrées sur le chemin de la maturité

Lors de la réalisation de la démarche BPM, nous avons rencontré deux principales difficultés.

Le premier défi est fréquemment rencontré par les entreprises qui mettent en place du BPM : la résistance au changement et la difficulté de prise en main de l'outil. Le processus de demande de prix sur la base d'un cahier des charges établi par le responsable du service achats à partir de sa connaissance du métier et des retours de ses collaborateurs. Mais le processus a ensuite été formalisé et implémenté sans la participation des acteurs principaux. Une fois le processus mis en production les différents acteurs ont donc tout d'abord exprimé une certaine résistance au nouvel outil qui ne correspondait pas tout à fait à leur habitude. Cependant ces demandes d'évolutions ont pu mettre en évidence la facilité de faire évoluer le processus rapidement. Ainsi le processus modélisé initialement a servi de base et il est aujourd'hui continuellement amélioré par les demandes de ses acteurs.

Le deuxième défi est également souvent rencontré par beaucoup d'entreprises qui se lancent dans la démarche : la difficulté de modéliser, souvent due au manque de connaissance en modélisation, ou bien au manque de compétences pour appréhender toutes les complexités du fonctionnement d'une entreprise. La section IV.4 illustre l'utilisation de l'approche développée au Chapitre III afin d'obtenir, de manière automatisée, une cartographie de processus respectant le cahier des charges initial correspondant à l'étape 2 de la démarche présentée précédemment. La cartographie de processus résultante y est comparée à la cartographie conçue manuellement par le consultant Iterop.

IV.4. GENERATION DE LA CARTOGRAPHIE DE PROCESSUS

Dans notre contexte l'étape de modélisation a finalement été achevée grâce à la collaboration établie entre un consultant BPM et un spécialiste du fonctionnement de l'entreprise : le responsable des achats. Le service achats du CE Airbus et l'équipe Iterop ne partageant pas le même cœur de métier, la sémantique du vocabulaire pouvait différer ou prêter à confusion. Il a donc été nécessaire de procéder à de multiples échanges et tests, sous la forme de demi-journées hebdomadaires pour faire évoluer la cartographie de processus et de points hebdomadaires d'une heure pendant 2 mois, autour du processus modélisé pour s'assurer du bon respect des règles formulées dans le cahier des charges.

Cette section présente le résultat qu'aurait pu obtenir le prototype générateur de cartographie de processus présenté au Chapitre III.

IV.4.1. Cahier des charges initial

Dans le cahier des charges de la demande initiale, les règles suivantes étaient écrites :

La cartographie de l'entreprise comporte un processus de gestion des demandes de prix

1. Le demandeur effectue sa demande
2. Le service achat doit qualifier la demande
 - 2.1. Un acheteur est désigné responsable de la demande
 - 2.2. L'acheteur peut demander des modifications au demandeur
 - 2.2.1. Dans le cas d'une modification, le demandeur doit revoir sa demande et la transmettre à nouveau
3. En cas d'existence d'un supérieur hiérarchique, sa demande doit être validée avant la transmission au service achat
 - 3.1. La demande peut être acceptée et transmise ou bien refusée par le supérieur
4. Un mail est envoyé au demandeur une fois sa demande qualifiée
5. L'acheteur dispose de temps pour rassembler les offres des fournisseurs et les transmettre au demandeur
 - 5.1. Au moment de la transmission, l'acheteur peut demander une validation par le responsable des achats
 - 5.1.1. Le responsable des achats peut alors valider la demande et la transmettre au bien faire une demande de modification à l'acheteur
6. Le demandeur reçoit les offres et doit valider ou non la préconisation de l'acheteur
 - 6.1. En cas de non-validation, la demande est retournée à l'acheteur qui doit faire une meilleure proposition
7. Certaines demandes font l'objet d'une intégration CEX3 (le progiciel de type ERP du service achats) par les opératrices de saisie
8. La demande d'achat est saisie dans CEX3
9. Un mail récapitulatif est envoyé au demandeur

Un deuxième élément important du cahier des charges concerne le respect d'une contrainte imposée aux CE : la commission des marchés, commission

obligatoire, doit vérifier que les appels d'offres respectent bien les règles de consultations fixées en interne, pour les transactions dépassant 30 000 € de transaction financière.

IV.4.2. Traduction en exigences de processus

Les règles définies dans la section précédente ont ensuite été converties en exigences de processus conformément au métamodèle de formalisation des règles décrit dans le Chapitre III.

Par exemple, la règle externe a été implémentée comme présenté en Figure IV.4 : Un *Ensemble de règles* « régissant les Comités d'Entreprise » fournit la règle suivante : « la commission des marchés doit vérifier que les appels d'offres respectent bien les règles de consultations fixées en interne, pour les transactions dépassant 30 000 € de transaction financière ». Une alternative possible pour que cette règle soit respectée soit d'imposer les deux *exigences de processus* suivantes :

- L'activité « Appel d'offres » doit *contenir* une activité « prévenir la commission des marchés »
- L'activité « Recherche Offre » doit *être suivie* de l'activité « prévenir la commission des marchés »

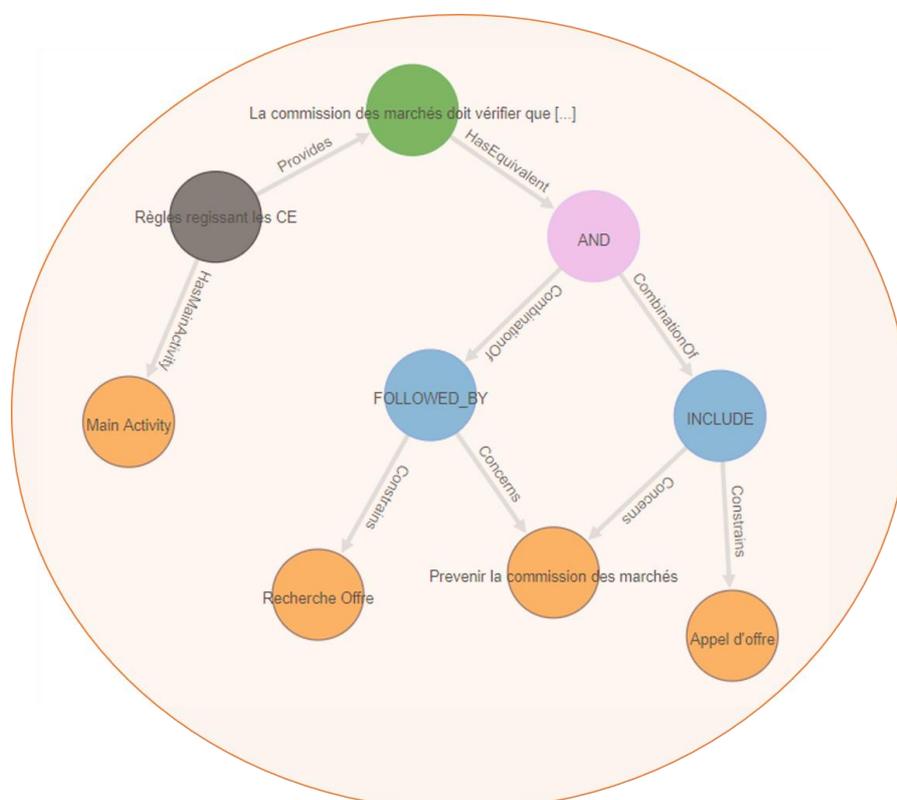


Figure IV.4 – Traduction de la règle externe en exigence de processus selon le métamodèle de formalisation des règles

Le modèle de formalisation des règles ne permet pas encore de créer une exigence concernant la deuxième partie de la règle : « pour les transactions dépassant 30 000 € de transaction financière »

Parallèlement, les règles internes sont également traduites en *exigences de processus* en suivant le même métamodèle. Pour l'instant, règles internes et règles externes forment deux paquets d'*exigence de processus* indépendant, voir Figure IV.5. L'objectif de la Figure IV.5 n'est bien évidemment pas d'être lisible, mais de montrer la volumétrie de règle à respecter pour un processus. La Figure IV.5 permet ainsi d'illustrer la nécessité d'accompagner les personnes dans l'étape de modélisation d'une cartographie de processus tout en respectant l'ensemble des règles.

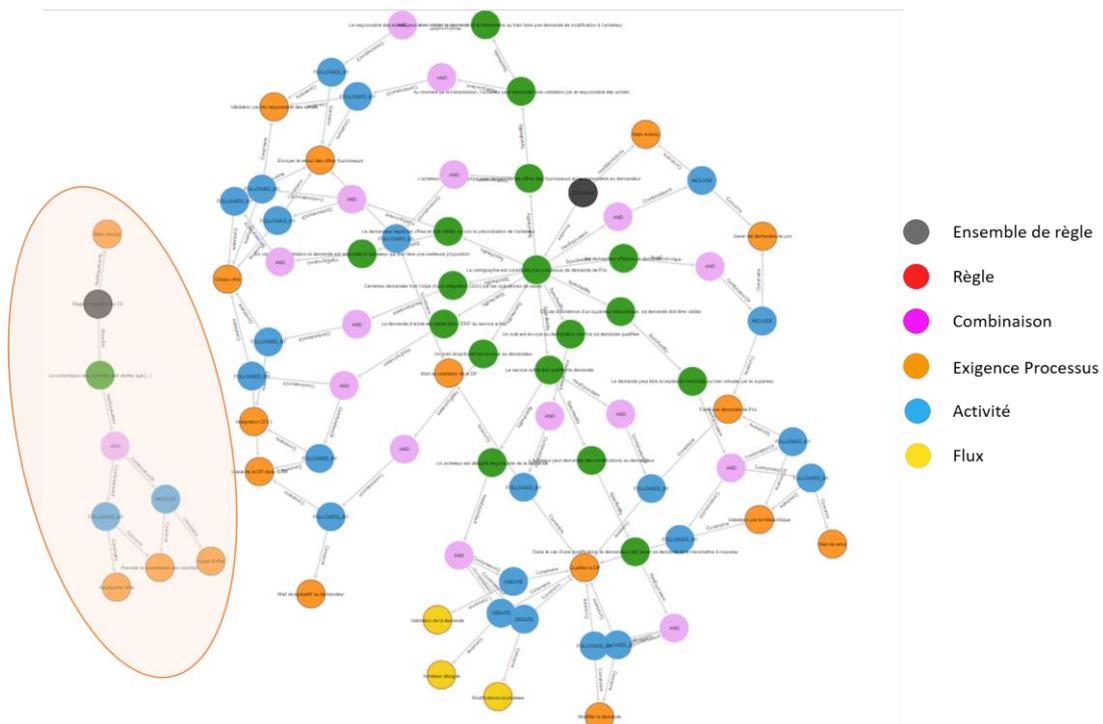


Figure IV.5 — Modèle de règle apporté par le CE Airbus

IV.4.3. Les activités similaires

La première étape que l'algorithme de génération de processus doit réaliser est de connecter grâce à un lien de *similarité* les éléments des règles internes et externes qui traitent du même sujet. Dans notre cas, la règle externe mentionne trois activités : « Appel d'offres », « Recherche Offre » et « prévenir la commission des marchés ». Comme expliqué au Chapitre III, n'ayant pas encore trouvé ou réalisé une solution performante de réconciliation entre termes, l'étape de

rapprochement a été réalisée manuellement grâce aux explications du responsable du service achat.

Ainsi, l'activité « Appel d'offres » est similaire à l'intégralité de l'activité « gestion des demandes de prix », l'activité « Recherche Offre » est similaire à l'activité « Envoyer le retour des offres fournisseurs » tandis que l'activité « prévenir la commission des marchés » n'est similaire à aucune activité mentionnée par les règles internes. La Figure IV.6 montre les liens de similarités ajoutés au modèle de formalisation des règles lors de la première étape de génération de la cartographie.

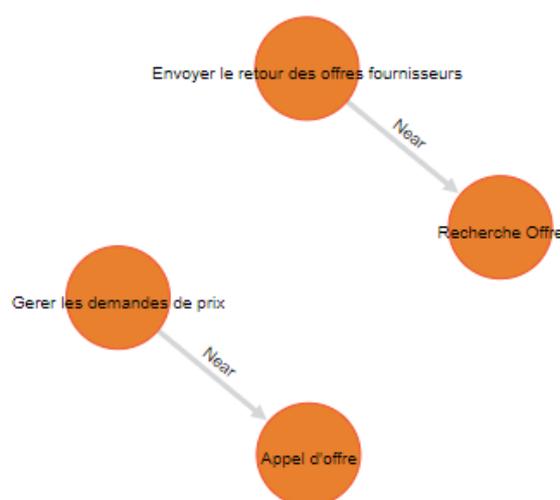


Figure IV.6 — Les activités similaires du modèle de formalisation des règles

IV.4.4. Obtention de la cartographie de processus

IV.4.4.1. Transformation en modèle d'activités ordonnées

Chaque règle énoncée dans le cahier des charges initial (section IV.4.1) est formalisée en *exigence de processus* et est appliquée au modèle d'activités ordonnées (voir Tableau IV.1)¹ :

L'activité principale (0) du service achat du CE Airbus comporte une activité (A) « Gérer les demandes de prix ».

1. L'activité A contient l'activité (B) « Faire une demande de Prix ».
2. L'activité B est suivie de l'activité (C) « Qualifier la DP ».

¹ La numérotation de chaque exigence processus lue suit celle des règles de la section IV.4.1

- 2.1. Aucune modification au modèle d'activité ordonnée, car l'exigence de processus porte sur un *flux*: L'activité C doit produire un flux « Responsable de la demande »
- 2.2. Aucune modification au modèle d'activité ordonnée, car l'exigence de processus porte sur un *flux*: L'activité C doit produire un flux « Modifications souhaitées »
 - 2.2.1. L'activité C est suivie par l'activité (D) « Modifier la demande » elle-même suivie à nouveau par l'activité C
3. L'activité B est suivie de l'activité (E) « Validation par le hiérarchique »
 - 3.1. L'activité E peut-être suivie par l'activité (F) « Mail de refus » mais aussi par l'activité C
4. L'activité C est suivie par l'activité (G) « Mail de validation de la DP »
5. L'activité G est suivie par l'activité (H) « Envoyer le retour des offres fournisseurs »
 - 5.1. L'activité H est suivie par l'activité (I) « Validation par le responsable des achats »
 - 5.1.1. L'activité I est suivie par l'activité H
6. Les activités H et I sont toutes deux suivies par l'activité (J) « Choisir offre »
 - 6.1. L'activité J est suivie par l'activité H
7. L'activité J est suivie par l'activité (K) « Intégration CEX3 »
8. Les activités J et K sont toutes deux suivies par l'activité (L) « Intégration CEX3 »
9. L'activité L est suivie par l'activité (M) « Mail récapitulatif au demandeur »

Tableau IV.1 – le modèle d'activités ordonnées

Identifiant	Intitulé	Identifiant des Activités similaires	Activités suivantes	Activités incluses
0	Activité principale			A
A	Gérer les demandes de prix			B
B	Faire une demande de prix		C, E	
C	Qualifier la DP		D, G	
D	Modifier la demande		C	

Identifiant	Intitulé	Identifiant des Activités similaires	Activités suivantes	Activités incluses
E	Validation par le hiérarchique		F, C	
F	Mail de refus			
G	Mail de validation de la DP		H	
H	Envoyer le retour des offres fournisseurs		I, J	
I	Validation par le responsable des achats		H, J	
J	Choisir offre		H, K, L	
K	Intégration CEX3		L	
L	Saisie de la DP dans l'ERP		M	
M	Mail récapitulatif au demandeur			

IV.4.4.2. Transformation en modèle BPMN

Le premier modèle créé est le modèle représentant l'activité principale.

IV.4.4.2.1. Activité principale

Création des éléments

Un modèle BPMN vide est créé. Il est immédiatement alimenté par l'ensemble des « activités incluses » présentes dans le modèle d'activités ordonnées : l'activité A. Comme cette activité contient également des activités, d'après le modèle d'activités ordonnées, l'élément BPMN correspondant à cette activité est de type « Appel de sous-processus » et le Processus associé à l'activité A est ajouté à la liste des processus à concevoir. La Figure IV.7 représente la cartographie générale de l'entreprise. L'algorithme peut ensuite concevoir le modèle suivant : celui concernant l'activité « Gérer les demandes de prix ».

Cartographie générale de l'entreprise

Processus Décisionnels

Processus Opérationnels

Gérer les demandes de prix

Processus Supports

Figure IV.7 – Cartographie générale du CE Airbus

IV.4.4.2.2. Gestion des demandes de prix

Un modèle BPMN vide est créé. Il est immédiatement complété par les activités incluses : les activités B à M.

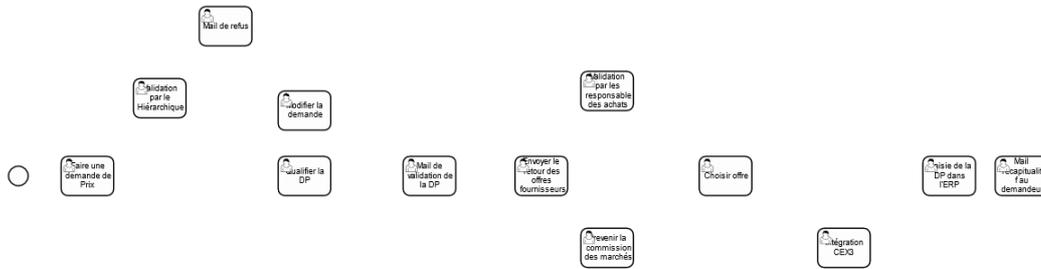


Figure IV.8 – Gestion des demandes de prix - Diagramme intermédiaire : Création des éléments

Ajout des liens de succession entre éléments

En se basant sur les liens de type « Activités suivantes » du modèle d'activités ordonnées, le modèle est complété par des flux de séquence.

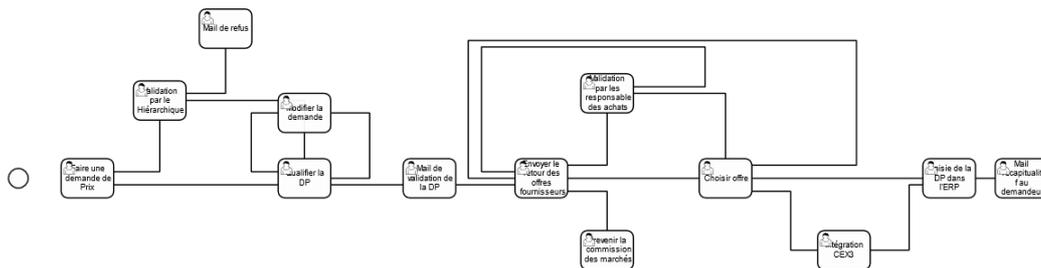


Figure IV.9 – Gestion des demandes de prix - Diagramme intermédiaire : Ajout des liens entre éléments

Ajout de liens entre éléments non encore reliés

Les éléments de processus n'ayant pas encore de flux de séquence entrant (respectivement sortant) sont reliés à l'évènement de début (respectivement à un évènement de fin).

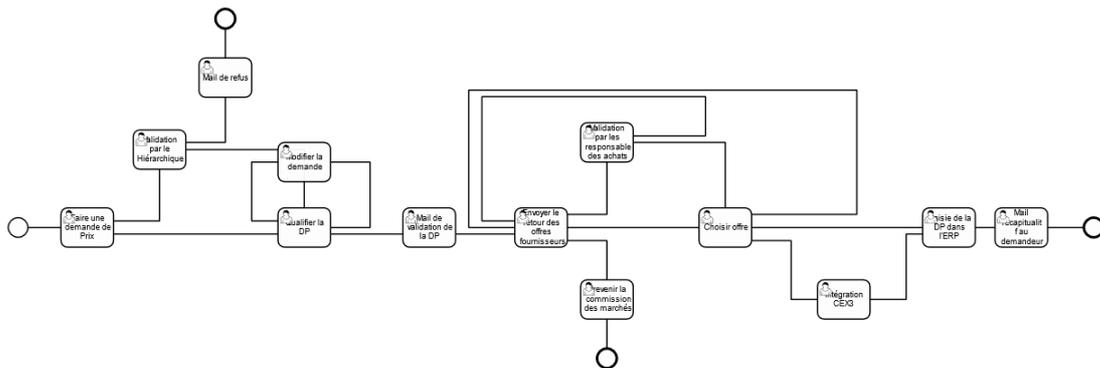


Figure IV.10 – Gestion des demandes de prix - Diagramme intermédiaire : Ajout des liens manquants

Ajout des portes logiques

Enfin les éléments de processus étant connectés à plusieurs flux entrants (respectivement sortants) sont finalement précédés (respectivement suivis) par une porte logique conditionnelle.

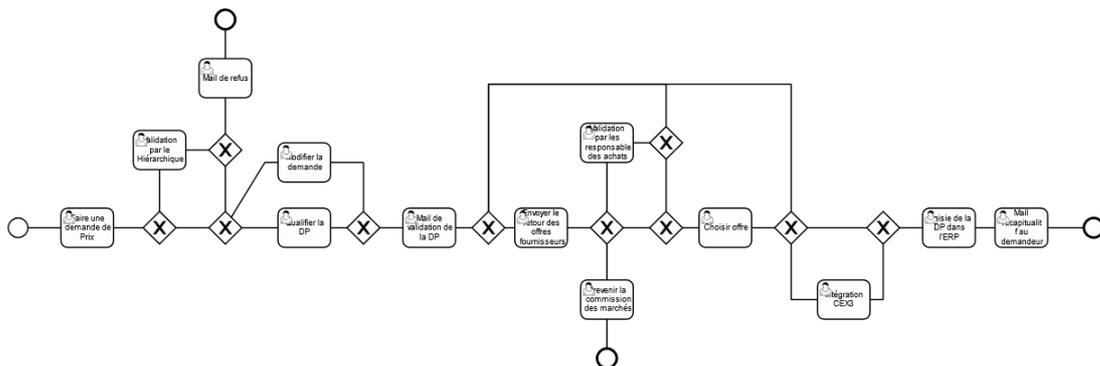


Figure IV.11 – Gestion des demandes de prix - Diagramme intermédiaire : Ajout des portes logiques

IV.4.5. Retour d'expérience sur le cas concret et perspectives

La Figure IV.12 et la Figure IV.13 montrent (en deux parties, gauche et droite) deux modèles représentant l'activité de gestion des demandes de prix. Le modèle du haut est une image du processus généré par le prototype générateur de cartographie détaillé au Chapitre III, alors que la partie du bas est une image du

processus conçu par des experts en modélisation de processus et en partenariat avec le client.

La cartographie conçue manuellement a nécessité à peu près 40 heures de travail réparties sur 2 mois dont au moins 30% du temps était consacré à la modélisation uniquement, soit 12 heures de modélisation. Le temps nécessaire pour générer la cartographie en utilisant les résultats du chapitre dépend uniquement du temps pour créer le modèle de formalisation des règles : le temps requis pour interpréter chaque règle en exigence de processus. Dans notre cas nous avons eu besoin de 2 heures pour individuellement interpréter chaque règle du cahier des charges.

Bien que les processus semblent se ressembler fortement, il existe quelques différences. Certaines différences ne constituent pas des limites de l'outil, mais il convient tout de même de les noter. Elles sont entourées en jaune sur la Figure IV.12 et la Figure IV.13 :

- Il n'y a évidemment pas, dans le modèle généré par le prototype, de tâche de scripts, puisque celles-ci servent uniquement à implémenter des configurations particulières (pour les formulaires de réalisation des tâches) : c'est de la configuration et non du design. Cette distinction n'est pas une limite du prototype, les scripts seront ajoutés par l'utilisateur selon ses besoins en configuration.
- Il existe des suites de portes logiques dans le processus dessiné manuellement qui se retrouvent combinées en une seule porte logique dans le processus généré. Ce n'est pas une erreur de modélisation en soi, mais cela va à l'encontre des bonnes pratiques de la modélisation BPMN : l'étape d'ajout des portes logiques de la deuxième transformation de modèle pourrait être améliorée pour identifier les cas où deux portes logiques sont nécessaires.

Des différences plus importantes permettent de soulever les perspectives d'évolutions suivantes concernant les métamodèles de formalisation des règles et d'activités ordonnées. Ces différences sont entourées en orange sur la Figure IV.12 et la Figure IV.13 :

- Toutes les tâches générées sont des tâches utilisateurs, il n'y a donc pas encore de distinction entre les activités effectuées par des acteurs humains et celles effectuées par des services du système d'information. Les métamodèles de formalisation des règles et d'activités ordonnées devront permettre la distinction entre les activités faites des utilisateurs et celles faites par des machines ou des applications.

- Le modèle de formalisation des règles ne permettant pas encore d'écrire de « conditions », le type des portes logiques n'est pour l'instant pas calculé, car le modèle de formalisation des règles ne permet pas encore de gérer les conditions. Notre algorithme ajoute un seul type de porte. Nous avons choisi de générer des portes par défaut conditionnelles car nous avons constaté qu'il s'agit du type de porte le plus utilisé sur les processus en production. Néanmoins, les métamodèles et l'algorithme de génération d'un modèle de processus devront évoluer pour intégrer les notions de conditionnement par les flux, afin de modéliser des portes autres que conditionnelle.

Cette perspective d'intégration des notions de conditions et d'utilisation des flux nous permet d'envisager la génération d'un modèle pré-configuré avec les données utilisées et produites au cours du processus.

Enfin, il est important de noter une dernière différence entre le modèle conçu manuellement et celui généré par le prototype. Cette différence se situe après l'activité « Choisir l'offre », elle est entourée en rouge dans la Figure IV.13. En effet, puisque les règles internes sont dictées par un humain, non spécialiste de la formalisation de processus, elles n'emploient jamais les termes « fin du processus » ou « fin anticipée ». Il n'est pas possible d'obtenir, dans le modèle généré, une porte logique directement reliée à un évènement de fin. Cela signifie qu'il n'est pas possible d'avoir le choix entre plusieurs actions possibles, dont "terminer le processus". Cette différence avec le modèle conçu par les consultants est la plus cruciale, car elle change totalement la signification du processus. Nous envisageons donc fortement de guider l'utilisateur dans sa description des règles et de lui proposer certaines « tournures » de phrases directement liées à des modélisations qu'il ne pourrait pas obtenir sans. En attendant, il est tout à fait possible de remédier à ce manque en ajoutant une tâche telle que « Notifier l'abandon de la demande de Prix » qui terminerait le processus. Ainsi la porte logique serait liée à plusieurs tâches dont « Notifier l'abandon de la demande de Prix » qui serait reliée à une fin.

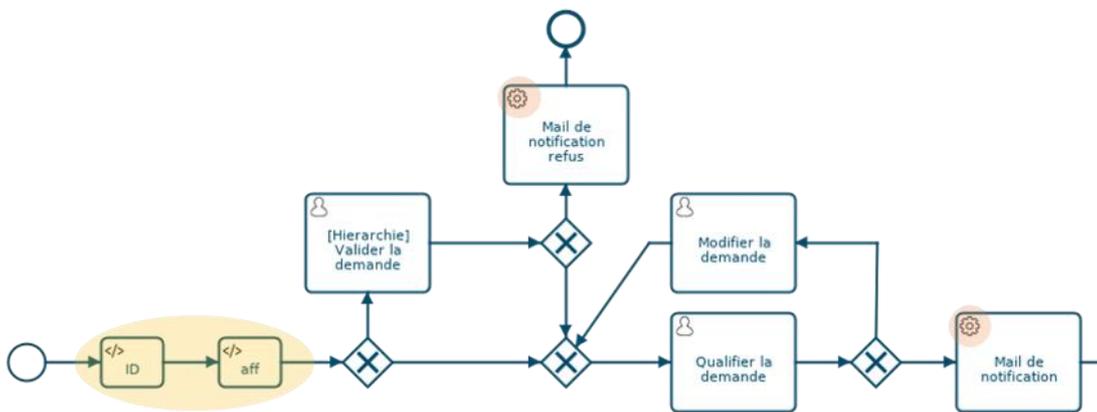
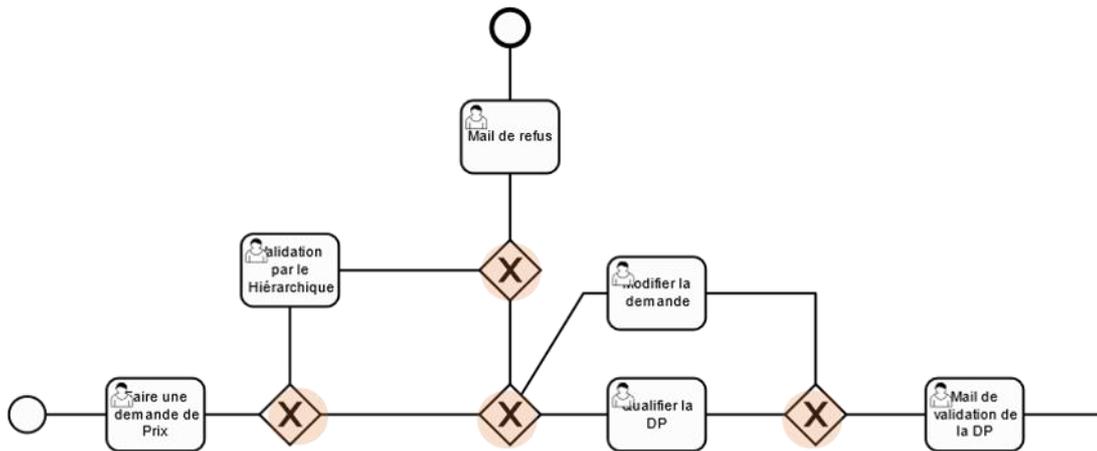


Figure IV.12 — 1^{ère} partie du processus de gestion des Demandes de Prix, généré avec le prototype (en haut) et en conseil avec le client (en bas).

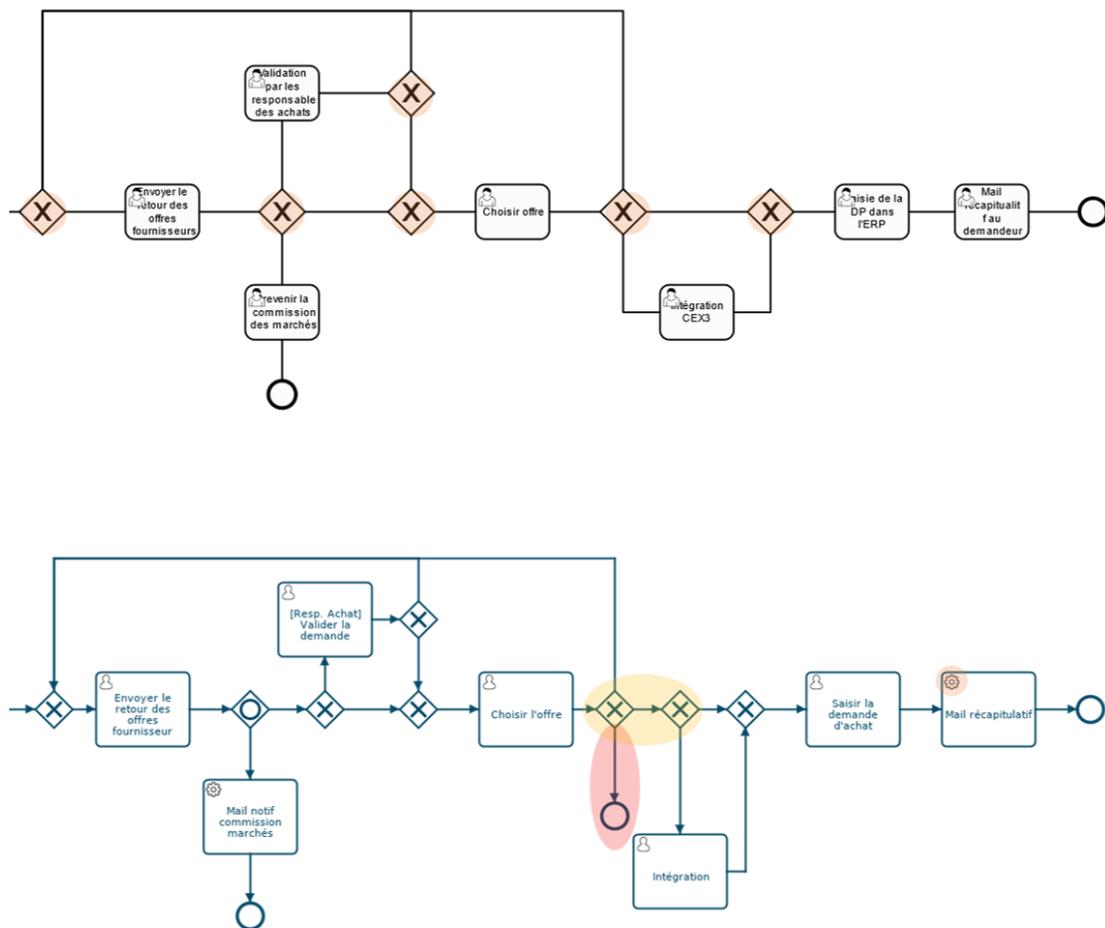


Figure IV.13 — 2ème partie du processus de gestion des Demandes de Prix, généré avec le prototype (en haut) et en conseil avec le client (en bas).

IV.5. CONCLUSION

Ce chapitre illustre par un cas concret la mise en application de la méthodologie d'accompagnement à la montée en maturité expliqué au Chapitre II ainsi que le prototype décrit au Chapitre III.

Tout d'abord la maturité initiale de l'entreprise est mesurée en utilisant le cadre d'évaluation de la maturité BPM (équivalent au niveau 1 de maturité de l'échelle CMMI). Le client est ensuite accompagné dans l'implémentation de sa démarche BPM en suivant l'ordre conseillé dans le Chapitre II, et au cours duquel il peut utiliser prototype détaillé dans le Chapitre III, jusqu'à atteindre l'équivalent du niveau 2 de maturité de l'échelle CMMI. Par la suite, en appliquant cette démarche à tous leurs processus interne, le client pourra atteindre le niveau 5 de maturité CMMI.

Ce chapitre illustre que le prototype d'accompagnement à la modélisation est prometteur, mais doit être complété de nouvelles fonctionnalités. En effet, Il doit, à terme, être un gain de temps à l'étape de modélisation et permettre aux consultants de se focaliser sur leurs tâches à valeur ajoutée.

Les pistes de nouvelles fonctionnalités sont notamment :

- L'accompagnement lors de l'écriture des règles internes
- Le modèle de formalisation des règles doit être complété par des notions de type de tâche (automatiques ou humaines) ainsi que des notions de conditions.
- Les portes logiques ajoutées au processus généré devront dépendre de l'existence de ses conditions dans le modèle initial.
- Le modèle généré pourrait être partiellement configuré.

Conclusion Générale

Le Business Process Management (BPM) a été initialement conçu par et pour des entreprises. Cette méthode de gestion basée sur les processus permet à une entreprise d'assurer l'amélioration continue de son fonctionnement interne. L'envie d'améliorer sa compétitivité, d'informatiser son fonctionnement ou bien d'obtenir des certifications participe à l'accroissement de l'intérêt pour le BPM. Malheureusement, peu d'entreprises parviennent à intégrer la méthode seules et le besoin de se faire guider se fait progressivement ressentir.

Pour répondre à ce besoin, nous proposons d'identifier tout d'abord les critères qui caractérisent la maturité BPM d'une entreprise, afin de la guider vers l'obtention d'un meilleur niveau de maturité. Par la suite, nous proposons une méthode automatisée pour aider une entreprise à surmonter une des principales difficultés de la démarche : l'obtention de la cartographie de processus sur laquelle la démarche BPM reposera.

Ce manuscrit définit dans un premier temps, un cadre d'évaluation de la maturité BPM. Ce cadre est constitué de trois axes indépendants (étapes du cycle BPM, domaines métier et Niveaux d'abstraction) chacun formé de trois niveaux. Les 27 positions résultant de l'intersection de ses trois axes sont définies dans le Chapitre II et appelées en Figure 1. Ce cadre sert ensuite de base pour localiser les outils existants ainsi que certaines difficultés fréquemment rencontrées par les industriels lors de l'implémentation de la démarche. Ainsi ce cadre peut être utilisé pour (1) mesurer le niveau de maturité BPM d'une entreprise, (2) identifier les objectifs qu'il lui reste à atteindre pour améliorer sa maturité et (3) montrer aux industriels le chemin qui sera parcouru pour atteindre un niveau de maturité idéal. Dans un second temps, nous avons utilisé ce cadre de maturité pour proposer un chemin possible vers un niveau de maturité idéal depuis un niveau de maturité initial standard.

Nous pensons qu'une étude approfondie devrait être conduite pour identifier de manière plus précise les transitions facilitantes et entravantes du cadre de maturité BPM. Nous pensons également que ce cadre permettrait de mettre en évidence certaines fonctionnalités non encore couvertes par les Business Process Management Softwares en mettant en évidence de futures perspectives de recherches pour améliorer la prise en main de la démarche BPM.

Le Chapitre III de cette thèse couvre les positions 1 et 2 (vertes) du cadre de maturité présenté en Figure 1. Comme expliqué en Chapitre II, les BPMS couvre par nature les positions 3, 4 et 5 (bleues) de la démarche proposée. Nous

pensons donc que les futurs travaux en charge de simplifier la démarche BPM devront se concentrer sur (6) l'identification des KPIs, (7) l'automatisation de leur implémentation et l'accompagnement au diagnostic des modèles implémentés (8) (jaunes). Nous pourrions envisager d'utiliser et d'étendre les travaux de Raphaël Oger (Oger 2019) sur la planification des chaînes logistiques

Enfin, on pourrait également imaginer les BPMS du futur comme étant capable d'assurer les futurs cycle du BPM : en proposant de nouveaux objectifs (1') et en améliorant les modèles (2') par eux-mêmes. Cette vision place les systèmes d'information au centre de la démarche BPM du futur : de la génération des modèles de processus, de fonctions et de données au suivi de leur utilisation jusqu'à leur amélioration de manière autonome.

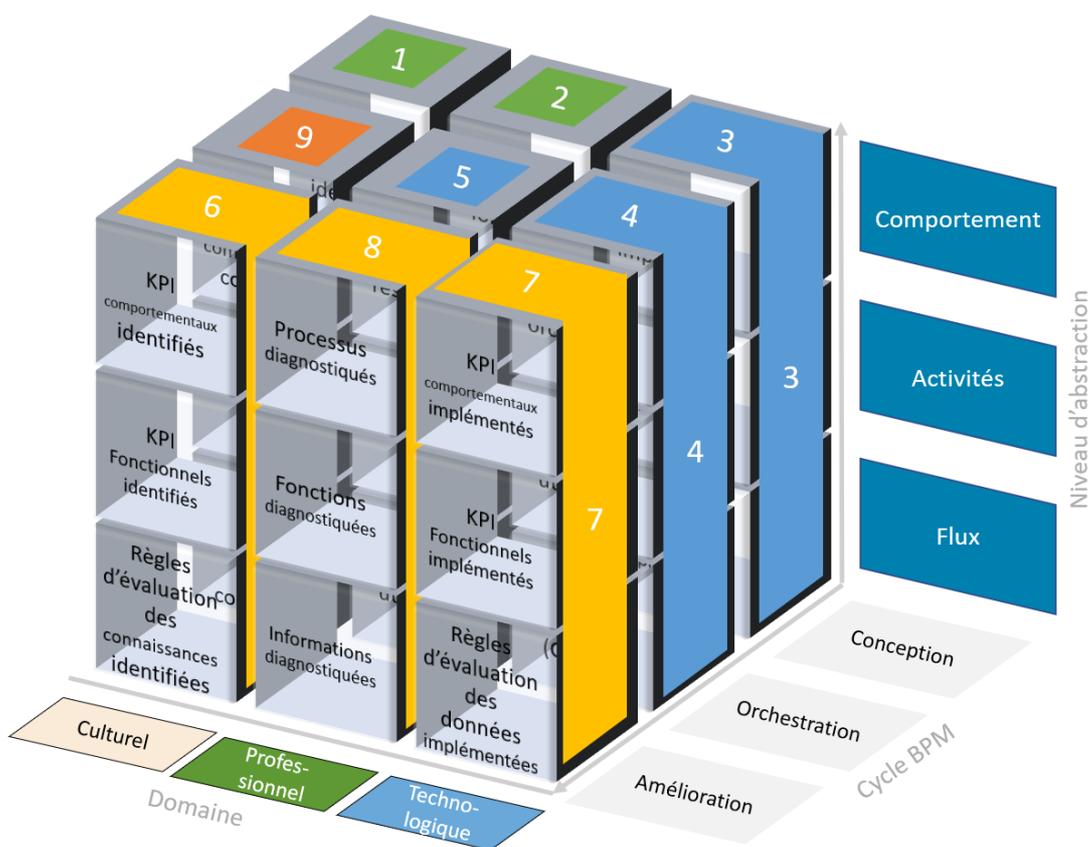


Figure 1 - Cadre de maturité, fonctionnalités couvertes et à venir

Le chemin proposé en Chapitre II montre la nécessité de passer par une transition entravante : le blocage rencontré face à la modélisation, dû aux difficultés à représenter toute la complexité d'une organisation ainsi que les règles à respecter. C'est pourquoi le Chapitre III présente un algorithme pour automatiser cette étape : à partir d'un ensemble de règles à respecter, l'algorithme génère une cartographie de processus pour l'entreprise. L'algorithme de génération de cartographie de processus, présenté en Chapitre III, fonctionne grâce à deux transformations de modèles : d'un modèle de formalisations des règles vers un

modèle d'activités ordonnées (tableau d'activités avec des liens d'inclusions ou de succession entre-elles) et d'un modèle d'activités ordonnées vers un modèle BPMN. L'algorithme a été implémenté dans un prototype réalisé en langage de programmation Java. Le prototype nécessite l'intervention de deux types d'acteurs : un expert, qui traduit les règles, lois, normes ou certification en exigences de processus, et un utilisateur, qui fournit les règles dont il dispose en interne pour expliquer son fonctionnement. Ensuite l'utilisateur peut choisir de générer sa cartographie de processus en utilisant tout d'abord ses règles internes, mais également en choisissant quelles règles externes il souhaite voir appliquées.

Le prototype réalisé en langage de programmation Java montre son utilité pour des cas simples de règles qui ne se contredisent pas. Nous envisageons donc de l'améliorer afin de prendre en compte cette possibilité. Enfin nous pensons pouvoir améliorer le modèle de formalisation des règles pour y conserver certaines notions de configuration comme les affectations ou bien les conditions d'exécution. Pour fonctionner, le prototype présenté au Chapitre III nécessite des règles internes et externes préalablement décrites et converties en exigences de processus. Mais que se passerait-il si de nouvelles règles étaient introduites dans l'ensemble ? Il nous est ainsi possible d'imaginer le futur des générateurs de cartographie : des outils capables de s'adapter à des règles changeantes et assurant à tout moment la conformité à un ensemble de règle choisies. Aussi, nous pourrions envisager de coupler le prototype à des outils de Process Mining (Thèse de Sina Namakiaraghi) afin de détecter les écarts par rapport à la cartographie générée et d'y ajouter les chemins non régis par des règles mais par la réalité de l'entreprise.

L'ensemble de la démarche (utilisation du cadre de maturité et génération d'une cartographie de processus à partir de règles) est illustré par un exemple démonstratif dans le Chapitre IV : le cas du Service Achats du Comité d'Entreprise de Airbus Opérations souhaitant formaliser sa procédure de demande de prix. Le résultat obtenu est comparé à ce qui a été réellement implémenté dans l'organisation à la suite de multiples sessions de conseil en BPM.

Bibliographie

- Aalst, W. M. van der, Mariska Netjes, et Hajo A. Reijers. 2007. « Supporting the Full BPM Life-Cycle Using Process Mining and Intelligent Redesign ». In *Siau K. (Ed.). Contemporary Issues in Database Design and Information Systems Development. IGI Global*, 100-132.
- Ahadi, Hamid Reza. 2004. « An examination of the role of organizational enablers in business process reengineering and the impact of information technology ». *Information Resources Management Journal (IRMJ)* 17 (4): 1-19.
- Al-Mashari, Majed, et Mohamed Zairi. 1999. « BPR implementation process: an analysis of key success and failure factors ». *Business process management journal* 5 (1): 87–112.
- Alonso, Igor Aguilar, José Carrillo Verdún, et Edmundo Tovar Caro. 2017. « Description of the Structure of the IT Demand Management Process Framework ». *International Journal of Information Management* 37 (1): 1461-73.
- Association Française de Gestion Industrielle. 1992. « Evaluer pour évoluer, les indicateurs de performance au service du pilotage industriel ». Ouvrage collectif.
- Awad, Ahmed, Gero Decker, et Mathias Weske. 2008. « Efficient Compliance Checking Using BPMN-Q and Temporal Logic ». In *Business Process Management*, édité par Marlon Dumas, Manfred Reichert, et Ming-Chien Shan, 5240:326-41. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-85758-7_24.
- Bai, Chunguang, et Joseph Sarkis. 2013. « A grey-based DEMATEL model for evaluating business process management critical success factors ». *International Journal of Production Economics* 146 (1): 281-92. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.07.011>.
- Baker, S.W. 2006. « Formalizing agility, part 2: How an agile organization embraced the CMMI ». In , 147-54. IEEE. <https://doi.org/10.1109/AGILE.2006.30>.
- Barthe-Delanoë, Anne-Marie, Sébastien Truptil, Frédérick Béeaben, et Hervé Pingaud. 2014. « Event-Driven Agility of Interoperability during the Run-Time of Collaborative Processes ». *Decision Support Systems* 59 (mars): 171-79. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2013.11.005>.
- Benaben, Frederick. 2012. « Conception de systèmes d'information de médiation pour la prise en charge de l'interopérabilité dans les collaborations d'organisations ». Habilitation à Diriger des Recherches, INP Toulouse. <https://hal-mines-albi.archives-ouvertes.fr/tel-01206234>.
- Benaben, Frederick, Nicolas Boissel-Dallier, Herve Pingaud, et Jean-Pierre Lorre. 2013. « Semantic issues in model-driven management of information system interoperability ». *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 26 (11): 1042-53.
- Benaben, Frederick, Wenxin Mu, Nicolas Boissel-Dallier, Anne-Marie Barthe-Delanoë, Sarah Zribi, et Herve Pingaud. 2015. « Supporting Interoperability

- of Collaborative Networks through Engineering of a Service-Based Mediation Information System (MISE 2.0) ». *Enterprise Information Systems* 9 (5-6): 556-82. <https://doi.org/10.1080/17517575.2014.928949>.
- Benaben, Frederick, et François B. Vernadat. 2017. « Information System Agility to Support Collaborative Organisations ». *Enterprise Information Systems* 11 (4): 470-73. <https://doi.org/10.1080/17517575.2016.1269367>.
- Bézivin, J. 2004. « Sur les principes de base de l'ingénierie des modèles ». *RSTI – L'objet – 10/2004, Où en sont les objets ?*, 2004.
- Bézivin, Jean. 2001. « Towards a precise definition of the OMG/MDA framework ». In *Proceedings of ASE'01*, 273–280. IEEE Computer Society Press.
- Bidoux, Loïc. 2016. « Preference-based planning using the Multi-Attribute Utility Theory along with a Choquet integral: application to organizations' interoperability in crisis management ». Doctoral dissertation, Ecole des Mines d'Albi-Carmaux. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01823824>.
- Boissel-Dallier, Nicolas. 2012. « Réconciliation sémantique des données et des services mis en œuvre au sein d'une situation collaborative ». <http://oatao.univ-toulouse.fr/9220/>.
- Börger, Egon. 2012. « Approaches to modeling business processes: a critical analysis of BPMN, workflow patterns and YAWL ». *Software and Systems Modeling* 11 (3): 305–318.
- Brocke, Jan vom, et Michael Rosemann, éd. 2015. *Handbook on Business Process Management 1, (2nd Ed.)*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-45100-3>.
- Buh, Brina, Andrej Kovačič, et Mojca Indihar Štemberger. 2015. « Critical Success Factors for Different Stages of Business Process Management Adoption – a Case Study ». *Economic Research-Ekonomska Istraživanja* 28 (1): 243-58. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2015.1041776>.
- Burlton, Roger. 2011. « BPM Critical Success Factors: Lessons Learned from Successful BPM Organizations ». *BPTrends* 12 (10): 1-6.
- Cer, Daniel, Mona Diab, Eneko Agirre, Iñigo Lopez-Gazpio, et Lucia Specia. 2017. « SemEval-2017 Task 1: Semantic Textual Similarity - Multilingual and Cross-lingual Focused Evaluation ». *Proceedings of the 11th International Workshop on Semantic Evaluation (SemEval-2017)*, 1-14. <https://doi.org/10.18653/v1/S17-2001>.
- Chong, Sandy. 2007. « Business process management for SMEs: an exploratory study of implementation factors for the Australian wine industry ». *Journal of Information Systems and Small Business* 1 (1-2): 41–58.
- Chrissis, Mary Beth, Mike Konrad, et Sandy Shrum. 2008. « CMMI: Guide des bonnes pratiques pour l'amélioration des processus. » *Pearson Education*, 2008.
- Claes, Jan, Irene Vanderfeesten, Jakob Pinggera, Hajo A. Reijers, Barbara Weber, et Geert Poels. 2015. « A Visual Analysis of the Process of Process

- Modeling ». *Information Systems and E-Business Management* 13 (1): 147-90.
<https://doi.org/10.1007/s10257-014-0245-4>.
- Combemale, Benoît. 2008. « Ingénierie Dirigée par les Modèles (IDM) – État de l'art », 20. <https://doi.org/hal-00371565>.
- Cronemyr, Peter, et Mikael Danielsson. 2013. « Process Management 1-2-3 – a Maturity Model and Diagnostics Tool ». *Total Quality Management & Business Excellence* 24 (7-8): 933-44.
<https://doi.org/10.1080/14783363.2013.791114>.
- Cutura, Sascha. 2013. « 5 Reasons for BPM Project Failure ». 30 septembre 2013.
<http://info.convedo.com/5-reasons-for-bpm-project-failure>.
- Davenport, Thomas H, et James E Short. 1990. « The new industrial engineering: information technology and business process redesign ». *Sloan Management Review* 31 (4): 11-27.
- David A, Marca, et McGowan Clement L. 1987. « SADT: Structured Analysis and Design Techniques (McGraw Hill Software Engineering Series) ». *McGraw-Hill, 1987*.
- De Bruin, Tonia, Ron Freeze, Uday Kulkarni, et Michael Rosemann. 2005. « Understanding the main phases of developing a maturity assessment model ». *16th Australasian Conference on Information Systems, Sydney, Australia*, 8-19.
- Dumas, Marlon, Marcello La Rosa, Jan Mendling, et Hajo A Reijers. 2013. « Fundamentals of Business Process Management ». *Fundamentals of Business Process Management*, Heidelberg: Springer, 1: 2.
- Dyer, Lisa, Flournoy Henry, Ines Lehmann, Guy Lipof, Fahad Osmani, Dennis Parrott, Wim Peeters, et Jonas Zahn. 2012. *Scaling BPM Adoption: From Project to Program with IBM Business Process Manager*. IBM Redbooks.
[http://refhub.elsevier.com/S0268-4012\(15\)00098-5/sbref0075](http://refhub.elsevier.com/S0268-4012(15)00098-5/sbref0075).
- El Kharbili, Marwane, Sebastian Stein, Ivan Markovic, et Elke Pulvermüller. 2008. « Towards a framework for semantic business process compliance management ». *Proceedings of GRCIS 2008*.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.472.1663&rep=rep1&type=pdf>.
- Elgammal, Amal, Oktay Turetken, Willem-Jan van den Heuvel, et Mike Papazoglou. 2016. « Formalizing and Applying Compliance Patterns for Business Process Compliance ». *Software & Systems Modeling* 15 (1): 119-46.
<https://doi.org/10.1007/s10270-014-0395-3>.
- Epstein, Joshua M. 2008. « Why Model? » Text.Article. 31 octobre 2008.
<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/11/4/12.html.bak>.
- Fellmann, Michael, Agnes Koschmider, Andreas Schoknecht, et Corporate Governance. 2014. « Analysis of Business Process Model Reuse Literature: Are Research Concepts Empirically Validated? », 185-92.
- Fellmann, Michael, Novica Zarvic, Dirk Metzger, et Agnes Koschmider. 2015. « Requirements Catalog for Business Process Modeling Recommender Systems. », 393-407.

- Fellmann, Michael, Novica Zarvic, et Annelene Sudau. 2013. « Ontology-Based Assistance for Semi-Formal Process Modeling. », 117-32.
- Fertier, Audrey, Aurélie Montarnal, Anne-Marie Barthe-Delanoë, Sébastien Truptil, et Frédérick Benaben. 2018. « Reducing Information Load to Enhance Collaborative Awareness Thanks to a Pre-Selection of Information ». In *Collaborative Networks of Cognitive Systems*, édité par Luis M. Camarinha-Matos, Hamideh Afsarmanesh, et Yacine Rezgui, 534:286-94. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99127-6_25.
- Fisher, David M. 2004. « The business process maturity model: a practical approach for identifying opportunities for optimization ». *BPTrends*, 1-7.
- Froger, Manon. 2016. « Comment accompagner la modélisation des processus d'une entreprise ? » Unpublished results, Ecole Nationale des Mines D'Albi.
- Froger, Manon, Frederick Benaben, Sébastien Truptil, et Nicolas Boissel-Dallier. 2019. « A non-linear business process management maturity framework to apprehend future challenges ». *International Journal of Information Management* 49 (décembre): 290-300. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.013>.
- Gartner Glossary. 2020. « Automated Business Process Discovery (Abpd) ». Gartner. 2020. <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/automated-business-process-discovery-abpd>.
- Goedertier, Stijn, et Jan Vanthienen. 2006. « Designing Compliant Business Processes with Obligations and Permissions ». In *Business Process Management Workshops*, édité par Johann Eder et Schahram Dustdar, 4103:5-14. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/11837862_2.
- . 2007. « Declarative Process Modeling with Business Vocabulary and Business Rules ». In *On the Move to Meaningful Internet Systems 2007: OTM 2007 Workshops*, édité par Robert Meersman, Zahir Tari, et Pilar Herrero, 4805:603-12. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-76888-3_83.
- Gottschalk, Petter. 2009. « Maturity Levels for Interoperability in Digital Government ». *Government Information Quarterly* 26 (1): 75-81. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2008.03.003>.
- Governatori, Guido. 2014. « Thou Shalt is not You Will ». *arXiv:1404.1685 [cs]*, avril. <http://arxiv.org/abs/1404.1685>.
- Governatori, Guido, et Zoran Milosevic. 2006. « A FORMAL ANALYSIS OF A BUSINESS CONTRACT LANGUAGE ». *International Journal of Cooperative Information Systems* 15 (04): 659-85. <https://doi.org/10.1142/S0218843006001529>.
- Governatori, Guido, Francesco Olivieri, Simone Scannapieco, et Matteo Cristani. 2011. « Designing for compliance: Norms and goals ». In *Rule-Based Modeling and Computing on the Semantic Web*, 282–297. Springer. http://link.springer.com/10.1007%2F978-3-642-24908-2_29.

- Grau, Corinna, et Jürgen Moormann. 2014. « Investigating the Relationship between Process Management and Organizational Culture: Literature Review and Research Agenda ». *Management and Organizational Studies* 1 (2): 1-17. <https://doi.org/10.5430/mos.v1n2p1>.
- Hackman, J. Richard, et Ruth Wageman. 1995. *Total quality management: Empirical, conceptual, and practical issues*, *Administrative Science Quarterly*.
- Hall, Curtis, et Paul Harmon. 2005. « The 2005 Enterprise Architecture, Process Modeling & Simulation Tools Report ».
- Hammer, et Champy. 1993. « Re-engineering the corporation: a manifesto for business revolution. » *New York: Harper Collins Publishers*.
- Harmon, Paul. 2018. « The State of the BPM Market - 2018, BPTrends ». <https://www.redhat.com/cms/managed-files/mi-bptrends-state-of-bpm-2018-survey-analyst-paper-201803-en.pdf>.
- Harmon, Paul, et Celia Wolf. 2016. « The state of business process management 2014, BPTrends ». <https://www.bptrends.com/bpt/wp-content/uploads/BPTrends-State-of-BPM-Survey-Report.pdf>.
- Hashmi, Mustafa, Guido Governatori, Ho-Pun Lam, et Moe Thandar Wynn. 2018. « Are We Done with Business Process Compliance: State of the Art and Challenges Ahead ». *Knowledge and Information Systems*, janvier, 1-55. <https://doi.org/10.1007/s10115-017-1142-1>.
- Hinkelmann, Knut. 2008. « Business Rules », janvier. http://knut.hinkelmann.ch/lectures/ea2012/ea_10-1_business_rules.pdf.
- . 2017. « SBVR-Semantics of Business Vocabulary and Business Rules ».
- Hofstede, A.H.M. ter, et Mathias Weske. 2003. « Business process management: A survey ». *Proceedings of the 1st International Conference on Business Process Management* 2678 of LNCS: 1-12.
- Hornung, Thomas, Agnes Koschmider, et Georg Lausen. 2008. « Recommendation based process modeling support: Method and user experience », 265-78. https://doi.org/10.1007/978-3-540-87877-3_20.
- Hu, Ya-Ping, I-Chiu Chang, et Wei-Yen Hsu. 2017. « Mediating Effects of Business Process for International Trade Industry on the Relationship between Information Capital and Company Performance ». *International Journal of Information Management* 37 (5): 473-83. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.04.004>.
- Imanipour, Narges, Kambeiz Talebi, et Siavash Rezazadeh. 2012. « Obstacles in business process management (BPM) implementation and adoption in SMEs ». <http://ssrn.com/abstract=1990609>.
- Indulska, Marta, Jan Recker, Michael Rosemann, et Peter Green. 2009. « Business process modeling: Current issues and future challenges ». In *In D. e. a. Hutchison (Ed.) Ed., Advanced information systems engineering*, 501–514. Springer.
- International Organization for Standardization. 2015. « ISO/IEC/IEEE 15288:2015 ». ISO. 2015. <https://www.iso.org/standard/63711.html>.

- ISO. 2015. « ISO 9001:2015(fr) ». 2015.
<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v2:fr>.
- ISO, EN. 2015. « 9001: 2015 Quality management systems ». *Requirements (ISO 9001: 2015)*, European Committee for Standardization, Brussels, 2015.
- ISO, PNEN. 2015. « 9000: 2015 ». *Quality management systems-Fundamentals and vocabulary*. Geneva: International Organization for Standardization, 2015.
- Iterop. 2017. « Iterop certifiée ISO 9001:2015! » *Iterop* (blog). 25 avril 2017.
<https://www.iterop.com/iterop-certifiee-iso-9001/>.
- . 2018. « Comité d’Etablissement Airbus Operations - Digitalisation des procédures achats ». *Iterop*. 22 novembre 2018.
<https://www.iterop.com/ce-airbus/>.
- Kant, Emmanuel. 2016. *Emmanuel Kant: Oeuvres complètes - N° 25*. Ici-eBooks.
- Khurana, Diksha, Aditya Koli, Kiran Khatter, et Sukhdev Singh. 2017. « Natural Language Processing: State of The Art, Current Trends and Challenges », 25.
- Kluza, Krzysztof, Mateusz Baran, Szymon Bobek, et Grzegorz Nalepa. 2013. « Overview of Recommendation Techniques in Business Process Modeling. » *Proceedings of 9th Workshop on Knowledge Engineering and Software Engineering (KESE9)*, 46-57.
- Ko, Ryan K.L., Stephen S.G. Lee, et Eng Wah Lee. 2009. « Business Process Management (BPM) Standards: A Survey ». *Business Process Management Journal* 15 (5): 744-91. <https://doi.org/10.1108/14637150910987937>.
- Kosanke, Kurt. 1995. « CIMOSA — Overview and Status ». *Computers in Industry* 27 (2): 101-9. [https://doi.org/10.1016/0166-3615\(95\)00016-9](https://doi.org/10.1016/0166-3615(95)00016-9).
- Koschmider, Agnes, Michael Fellmann, Andreas Schoknecht, et Andreas Oberweis. 2014. « Analysis of process model reuse: Where are we now, where should we go from here? » *Decision Support Systems* 66: 9-19.
<https://doi.org/10.1016/j.dss.2014.05.012>.
- Koschmider, Agnes, Thomas Hornung, et Andreas Oberweis. 2011. « Recommendation-based editor for business process modeling ». *Data & Knowledge Engineering* 70 (6): 483-503.
<https://doi.org/10.1016/j.datak.2011.02.002>.
- Koschmider, Agnes, et Hajo A. Reijers. 2013. « Improving the process of process modelling by the use of domain process patterns ». *Enterprise Information Systems* 9 (1): 29-57. <https://doi.org/10.1080/17517575.2013.857792>.
- Kruger, C.N., et R.D. Johnson. 2010. « Information Management as an Enabler of Knowledge Management Maturity: A South African Perspective ». *International Journal of Information Management* 30 (1): 57-67.
<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2009.06.007>.
- Lau, Jean, Cirano Iochpe, Lucinea Thom, et Manfred Reichert. 2009. « Discovery and analysis of activity pattern cooccurrences in business process models ».
- Liu, Y., S. Muller, et K. Xu. 2007. « A Static Compliance-Checking Framework for Business Process Models ». *IBM Systems Journal* 46 (2): 335-61.
<https://doi.org/10.1147/sj.462.0335>.

- Macé-Ramète, Guillaume. 2015. « Système d'Information de Médiation pour le pilotage réactif et anticipatif de la réponse à une situation de crise: application aux perturbations sur les réseaux routiers ». Ecole nationale des Mines d'Albi-Carmaux. <http://www.theses.fr/2015EMAC0018>.
- Macé-Ramète, Guillaume, Matthieu Lauras, Frédérick Benaben, et Jacques Lamothe. 2014. « A Mediation Information System for Road Crisis Management Unit ». *Enterprise Interoperability VI*, 2014, Springer, Cham édition.
- Mazanek, Steffen, et Mark Minas. 2009. « Business process models as a showcase for syntax-based assistance in diagram editors », 322-36.
- Mazzarese, Tecla. 1991. « Deontic Logic as Logic of Legal Norms: Two Main Sources of Problems ». *Ratio Juris* 4 (3): 374-92. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9337.1991.tb00107.x>.
- Meidan, Ayman, Julián Alberto García-García, M. J. Escalona, et I. Ramos. 2017. « A survey on business processes management suites ». *Computer Standards & Interfaces* 51: 71–86.
- Miller, J, et J Mukerji. 2003. « MDA Guide Version 1.0. 1. » *Object Management Group* 234: 51.
- Montarnal, Aurélie. 2015. « Deduction of inter-organizational collaborative business processes within an enterprise social network ». Doctoral dissertation, Ecole des Mines d'Albi-Carmaux. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01424117>.
- Moradi-Moghadam, Mohsen, Hossein Safari, et Meysam Maleki. 2013. « A Novel Model for Business Process Maturity Assessment through Combining Maturity Models with EFQM and ISO 9004:2009 ». *International Journal of Business Process Integration and Management* 6 (2): 167-84. <https://doi.org/10.1504/IJBPM.2013.054680>.
- Morley, Chantal, Yves Gillette, et Marie Bia-Figueiredo. 2011. *Processus métiers et S.I. -3e éd.: Gouvernance, management, modélisation*. Dunod. Dunod.
- Mu, Wenxin. 2012. « Caractérisation et logique d'une situation collaborative ». INPT.
- OMG. 2002. « OMG Meta Object Facility (MOF) Specification v1. 4. »
- . 2013. « Business Process Model and Notation (BPMN), Version 2.0.2 », 532.
- Oxford University Press. 2012. *Oxford English Dictionary (OED)*. <http://www.oed.com/viewdictionaryentry/Entry/227050>.
- Paquet, Philippe. 2006. « De l'information à la connaissance ». *Laboratoire orléanais de gestion (Orléans/1996-2011)*, 2006.
- Pöppelbuß, Jens, et Maximilian Röglinger. 2011. « What Makes a Useful Maturity Model? A Framework of General Design, Principles for Maturity Models and its Demonstration in Business Process Management ». *19th European Conference on Information Systems (ECIS 2011)*. Helsinki, Finland, juin, 28.
- Portier, P E, et G Caplat. 2008. « AUTOUR DE LA CONFRONTATION DE MODELES », 7.

- Power, Brad. 2007. « Michael Hammer's process and enterprise maturity model ». *BPTrends* 7, 1-4.
- PRIME BPM. 2017. « 5 Critical Success Factors in Business Process Improvement ». *PRIME BPM* (blog). 19 mai 2017. <http://www.primebpm.com/resources/5-critical-success-factors-business-process-improvement/>.
- Rahimi, Fatemeh, Charles Møller, et Lars Hvam. 2016. « Business Process Management and IT Management: The Missing Integration ». *International Journal of Information Management* 36 (1): 142-54. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2015.10.004>.
- Rajsiri, Vatcharaphun, Jean-Pierre Lorré, Frederick Benaben, et Hervé Pingaud. 2010. « Knowledge-based system for collaborative process specification ». *Computers in Industry* 61 (2): 161–175.
- Raphaël Oger. 2019. « A decision support system for long-term supply chain capacity planning: a model-driven engineering approach ». Ecole des Mines d'Albi-Carmaux.
- Recker, Jan, et Jan Mendling. 2016. « The State of the Art of Business Process Management Research as Published in the BPM Conference: Recommendations for Progressing the Field ». *Business & Information Systems Engineering* 58 (1): 55-72. <https://doi.org/10.1007/s12599-015-0411-3>.
- Recker, Jan, Jan Mendling, et Christopher Hahn. 2013. « How collaborative technology supports cognitive processes in collaborative process modeling: A capabilities-gains-outcome model ». *Information systems* 38 (8): 1031–1045.
- R-Moreno, Borrajo, et Meziat. 2000. « Process modelling and AI planning techniques: A new approach ». *Second International Workshop on Information Integration and Web-based Applications and Services (IIWAS2000)*.
- Rohloff, Michael. 2009. « Process Management Maturity Assessment ». *Proceedings of the Americas Conference on Information Systems (AMCIS), San Francisco, CA*, 631.
- Rosemann, M, T De Bruin, et B Power. 2006. « A model to measure business process management maturity and improve performance ». *Jeston J, Nelis J (eds) Business process management*, 299-315.
- Rosemann, M, et Tonia De Bruin. 2005. « Application of a Holistic Model for Determining BPM Maturity ». *Proceedings of the AIM Pre-ICIS Workshop on Process Management and Information Systems. Washington, D.C.*, 46-60.
- Rosemann, Michael. 2014. « Proposals for Future BPM Research Directions ». In *Asia Pacific Business Process Management*, édité par Chun Ouyang et Jae-Yoon Jung, 181:1-15. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08222-6_1.
- Sadiq, Shazia, Guido Governatori, et Kioumars Namiri. 2007. « Modeling control objectives for business process compliance ». In *International conference on business process management*, 149–164. Springer. http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-75183-0_12.
- Sandy Kemsley. 2006. « A Short History of BPM ». Column 2. 15 juin 2006. <https://column2.com/category/bpmhistory/>.

- Santos, Higor M., Carina F. Alves, George V. Santos, et André L. Santana. 2015. « Strategies for Managing Critical Success Factors of BPM Initiatives in Brazilian Public Organizations: A Qualitative Empirical Study ». *n iSys – Revista Brasileira de Sistemas de Informação, Rio de Janeiro* 8 (1): 42-64.
- Saunders, Richard R., et Jay L. Saunders. 1994. « W. Edwards Deming, quality analysis, and total behavior management ». *The Behavior Analyst* 17 (1): 115-25.
- Seidewitz, E. 2003. « What Models Mean ». *IEEE Software* 20 (5): 26-32. <https://doi.org/10.1109/MS.2003.1231147>.
- Sherwin, Grahame. 2011. « Defining the critical success factors for business process management ». *Fujitsu Insights & Opinions*, 125-34.
- Škrinjar, Rok, et Peter Trkman. 2013. « Increasing Process Orientation with Business Process Management: Critical Practices ». *International Journal of Information Management* 33 (1): 48-60. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2012.05.011>.
- Steenbergen, Marlies van, Rik Bos, Sjaak Brinkkemper, Inge van de Weerd, et Willem Bekkers. 2013. « Improving IS Functions Step by Step: the Use of Focus Area Maturity Models. » *Scandinavian Journal of Information Systems* 25 (2): 35-56.
- Tarhan, Ayca, Oktay Turetken, et Hajo A. Reijers. 2016. « Business Process Maturity Models: A Systematic Literature Review ». *Information and Software Technology* 75 (juillet): 122-34. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2016.01.010>.
- Thom, Lucinéia. 2006. « A pattern-based approach for business process modeling ».
- Touzi, Jihed, Frédérick Benaben, Hervé Pingaud, et Jean Pierre Lorré. 2009. « A Model-Driven Approach for Collaborative Service-Oriented Architecture Design ». *International Journal of Production Economics* 121 (1): 5-20. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.09.019>.
- Trkman, Peter. 2010. « The Critical Success Factors of Business Process Management ». *International Journal of Information Management* 30 (2): 125-34. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2009.07.003>.
- Truptil, Sébastien. 2011. « Etude de l'approche de l'interopérabilité par médiation dans le cadre d'une dynamique de collaboration appliquée à la gestion de crise ».
- van der Aalst. 2013. « Business Process Management: A Comprehensive Survey ». *ISRN Software Engineering* 2013: 1-37. <https://doi.org/10.1155/2013/507984>.
- . 2016. *Process mining: data science in action*. Springer. <https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=hUEGDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5>.
- Van der Aalst, Hofstede, Kiepuszewski, et Barros. 2009. « Workflow patterns ». *Encyclopedia of Database Systems*, 3557-58. <https://doi.org/10.1023/A:1022883727209>.

- Van der Aalst, Wil, Kees van Hee, Jan Martijn van der Werf, Akhil Kumar, et Marc Verdonk. 2011. « Conceptual Model for Online Auditing ». *Decision Support Systems* 50 (3): 636-47. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2010.08.014>.
- Van Der Aalst, Wil MP, et Maja Pesic. 2006. « DecSerFlow: Towards a truly declarative service flow language ». In *International Workshop on Web Services and Formal Methods*, 1-23. Springer. http://link.springer.com/10.1007%2F11841197_1.
- Van der Aalst, Wil, John Mylopoulos, Norman M. Sadeh, Michael J. Shaw, Clemens Szyperski, et W. M. P. van der Aalst. 2009. « Using Process Mining to Generate Accurate and Interactive Business Process Maps ». In *Business Information Systems Workshops*, édité par Witold Abramowicz et Dominik Flejter, 37:1-14. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-03424-4_1.
- Van Looy, Amy, Geert Poels, et Monique Snoeck. 2017. « Evaluating Business Process Maturity Models ». *Journal of the Association for Information Systems* 18 (6): 461-86. <https://doi.org/10.17705/1jais.00460>.
- Vernadat, François. 1996. « Enterprise modeling and integration ». *Boom Koninklijke Uitgevers*, 15-25.
- . 1999. « Techniques de modélisation en entreprise, applications aux processus opérationnels ». *Paris: Economica*.
- Wang, Tiexin, Sebastien Truptil, et Frederick Benaben. 2017. « An Automatic Model-to-Model Mapping and Transformation Methodology to Serve Model-Based Systems Engineering ». *Information Systems and E-Business Management* 15 (2): 323-76. <https://doi.org/10.1007/s10257-016-0321-z>.
- Weber, Ingo, Hye-Young Paik, Boualem Benatallah, Corren Vorwerk, Liangliang Zheng, et Sungwook Kim. 2010. « Personal process management: Design and execution for end-users ».
- Xu, Ke, Ying Liu, et Cheng Wu. 2008. « BPSL Modeler – Visual Notation Language for Intuitive Business Property Reasoning ». *Electronic Notes in Theoretical Computer Science* 211 (avril): 211-20. <https://doi.org/10.1016/j.entcs.2008.04.043>.
- Yongsiriwit, Karn. 2017. « Modeling and mining business process variants in cloud environments ». Doctoral dissertation, Université Paris Saclay. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01470199>.
- Zribi, Sarah, Frédérick Benaben, Jean-Pierre Lorré, et Hervé Pingaud. 2013. « Enhancing Services Selection by Using Non-Functional Properties within BPMN in SOA Context ». In *Collaborative Systems for Reindustrialization*, édité par Luis M. Camarinha-Matos et Raimar J. Scherer, 408:305-13. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-40543-3_33.

Annexe A. L'antisèche du BPMN

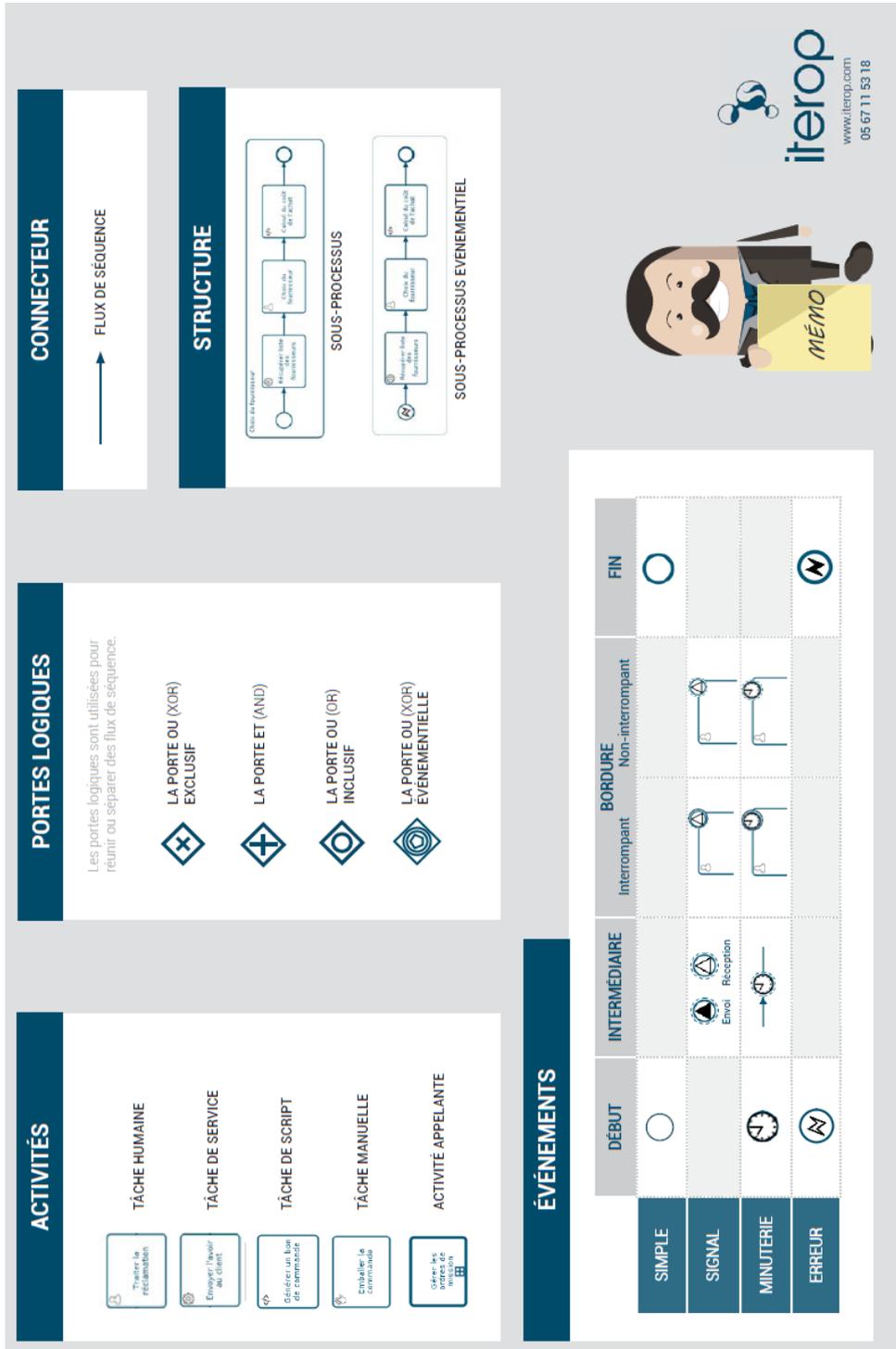


Figure A - Antisèche du BPMN

Annexe B. Présentation du cube de maturité le long de l'axe des abstractions

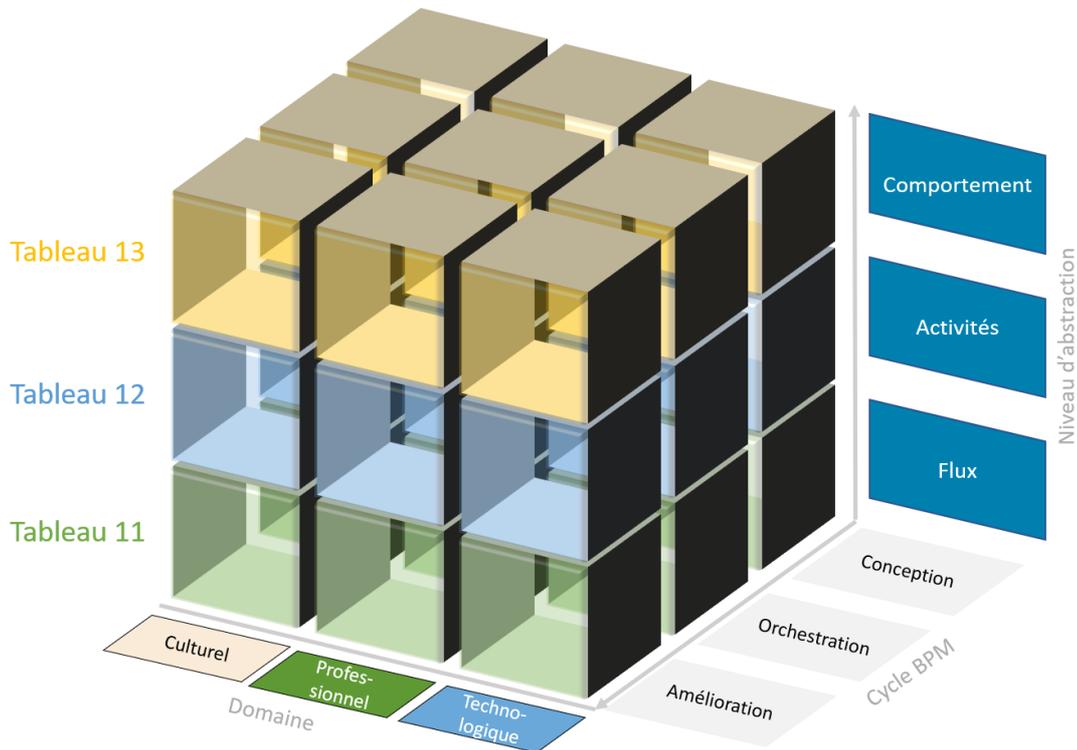


Figure B – Présentation du cube de maturité le long de l'axe des abstractions

Tableau B.1 – 9 positions du niveau des Flux

Connaissances identifiées	Informations formalisées	Données implémentées	Conception
Utilisation des Connaissances comprise	Informations utilisées	Données manipulées (CRUD)	Orchestration
Règles d'évaluation des connaissances identifiées	Informations diagnostiquées	Règles d'évaluation des données implémentées	Amélioration
Culturel	Professionnel	Technologique	Flux

Tableau B.2 – 9 positions du niveau des Activités

Compétences identifiées	Fonctions formalisées	Applications implémentées	Conception
Savoir-Faire	Faire	Applications utilisées	Orchestration
KPI fonctionnels identifiés	Fonctions diagnostiquées	KPI fonctionnels implémentés	Amélioration
Culturel	Professionnel	Technologique	Activité

Tableau B.3 – 9 positions du niveau des Comportements

Objectifs et Ressources identifiés	Processus formalisé	Workflow implémenté	Conception
Séquencement des compétences compris	Processus respecté	Workflows orchestrés	Orchestration
KPI comportementaux identifiés	Processus diagnostiqué	KPI comportementaux implémentés	Amélioration
Culturel	Professionnel	Technologique	Comportement

Annexe C. Présentation du cube de maturité le long de l'axe des domaines

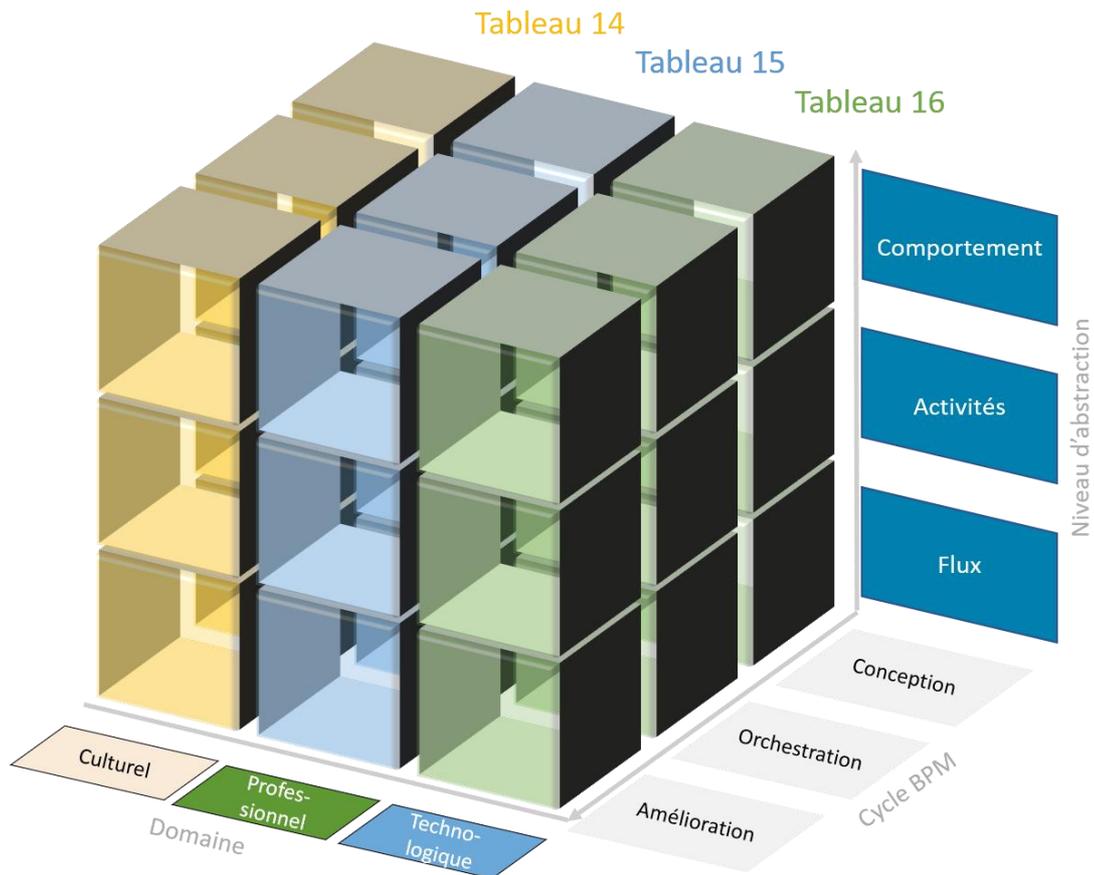


Figure C – Présentation du cube de maturité le long de l'axe des domaines

Tableau C.1 – 9 positions du domaine culturel

Objectifs et Ressources identifiés	Séquencement des compétences compris	KPI comportementaux identifiés	Comportement
Compétences identifiées	Savoir-Faire	KPI fonctionnels identifiés	Activités
Connaissances identifiées	Utilisation des Connaissances comprise	Règles d'évaluation des connaissances identifiées	Flux
Conception	Orchestration	Amélioration	Culturel

Tableau C.2 – 9 positions du domaine professionnel

Processus formalisé	Processus respecté	Processus diagnostiqué	Comportement
Fonctions formalisées	Faire	Fonctions diagnostiquées	Activités
Informations formalisées	Informations utilisées	Informations diagnostiquées	Flux
Conception	Orchestration	Amélioration	Professionnel

Tableau C.3 – 9 positions du domaine technologique

Workflow implémenté	Workflows orchestrés	KPI comportementaux implémentés	Comportement
Applications implémentées	Applications utilisées	KPI fonctionnels implémentés	Activités
Données implémentées	Données manipulées (CRUD)	Règles d'évaluation des données implémentées	Flux
Conception	Orchestration	Amélioration	Technologique

Annexe D. Évaluation du cadre de maturité selon (Van Looy, Poels, et Snoeck 2017)

D.1. CRITERES DE LA METHODE D'EVALUATION

- Échelle d'évaluation : Données qualitatives
- Technique de collecte des données : La plupart des objectifs peuvent être évalués qualitativement, mais il existe, surtout au sein du domaine culturel, des objectifs qui ne peuvent être évalués que subjectivement.
- Évaluation : L'évaluation d'une entreprise peut durer une journée. L'évaluation d'une unique procédure de l'entreprise dure quelques heures.
- Disponibilité de l'évaluation : les questions d'évaluation, ainsi que le calcul du niveau correspondant, sont accessibles au public et ne sont pas seulement connues des évaluateurs.
- Rôle fonctionnel des répondants : Aucun évaluateur externe à l'entreprise n'est requis pour procéder à l'évaluation.
- Nombre d'items d'évaluation : le nombre maximal de questions auxquelles il faut répondre au cours d'une évaluation est de 27.

D.2. CRITERES DE LA METHODE D'AMELIORATION

- Domaines de capacités : capacités de base (cycle de vie des processus opérationnels traditionnels), capacités organisationnelles (culture et structure), capacités de profondeur (application de l'approche BPM non seulement aux processus, mais aussi à leurs fondements).

- Type d'architecture : les avancées simultanées sont autorisées
- Détails de l'architecture : Feuille de route prescriptive
- Type de processus métier : processus génériques et non spécifiques à un domaine.
- Nombre de processus opérationnels : Un, plusieurs ou tous les processus de l'organisation

D.3. CRITERES CONTEXTUELS

- But : évaluer et déterminer les améliorations à apporter aux processus. De plus, le cadre permet la comparaison entre les organisations et l'obtention de certifications.

Annexe E. Algorithme de modification d'un modèle d'activités ordonnées pour qu'il respecte une exigence de processus

L'Algorithme 1 complète un modèle d'activités ordonnées à partir d'une exigence de processus. Il traite d'abord la présence d'un élément, puis son ordre par rapport aux autres. Dans le cas où le modèle a effectivement été complété par de nouveaux éléments, les règles portant sur ces nouveaux éléments sont ajoutées à l'ensemble des règles externes à appliquer.

- La fonction `getElémentsConcernés` retourne les éléments de processus concernés par l'exigence de processus.
- La fonction `getElémentsEtSimilaires` retourne l'ensemble des activités présentes dans le modèle déjà créé ainsi que les activités répertoriées comme similaires à celles-ci.
- La fonction `getAscendance` retourne les éléments de processus descendant d'un élément initial (en parcourant des exigences de type Inclusion, en sens inverse, Précédence ou Succession).
- La fonction `getDescendance` retourne les éléments de processus descendant d'un élément initial (en parcourant des exigences de type Inclusion, en sens normal, Précédence ou Succession).
- La fonction `getDescendanceManquante`, parcourt les descendants d'un élément jusqu'à trouver tous ceux non partiellement représentés par les éléments du processus et leurs similaires, en suivant les règles énoncées dans la section III.4.1.3.
- La fonction `getRegles` retourne l'ensemble des règles qui implique un élément d'un modèle.
- Les fonctions `getElementsAvant` et `getElementsAprès`, parcourent les éléments et leurs similaires afin de retourner les éléments présents dans le processus et impliqués dans des règles de précédence ou de succession.
- La fonction `estEventuellementSuivi` retourne vrai si deux éléments sont actuellement considérés comme l'un après l'autre dans le processus, faux sinon.

Algorithme 1 - Fonction AppliquerExigenceSurProcessus

Fonction AppliquerExigenceSurProcessus

exigence : Exigence de Processus
processus : Modèle d'activités ordonnées
toutesLesExigences : [Exigence de Processus]

Début

élémentsConcernés <- getElémentsConcernés(exigence)
élémentsDansModele <- getElémentsEtSimilaires(processus)

Pour chaque élémentConcerné dans élémentsConcernés faire

Si élémentsDansModele NOT contains élémentConcerné
ascendanceDElémentConcerné <- getAscendance(élémentConcerné,
toutesLesExigences)

Si élémentsDansModele NE CONTIENT AUCUN DE ascendanceDElémentConcerné
élémentsDescendantRequis <- getDescendanceManquante (élémentConcerné,
exigence, élémentsDansModele, toutesLesExigences)

Pour chaque élémentDescendantsRequis dans élémentsDescendantsRequis

Si élémentsDansModele NOT contains élémentDescendantsRequis
processus.ajout(élémentDescendantsRequis)
règles <- getRegles(élémentDescendantsRequis)
toutesLesExigences.add(règles)

Fin Si

Fin pour chaque

fin Si

Fin Si

Fin pour chaque

SI exigence est de type Precedence ou Succession

élémentsAvant <- getElémentsAvant(exigence,processus, élémentsDansModele)
élémentsAprès <- getElémentsAprès(exigence,processus, élémentsDansModele)

Pour chaque couple (élémentAvant, élémentAprès)

Si NOT(estEventuellementSuiwi(processus ,élémentAvant, élémentAprès)
élémentAvant.succession.add(élémentAprès)

Fin si

Fin Pour chaque

Fin Si

toutesLesExigences.remove(exigence)

Fin

Annexe F. Base de référence pour la détection de similarité sémantique entre termes

Attendu	Analyse des groupes // (Planification) Actualité fournisseur	Stratégie Achats (nouveaux produits achetés)	Infos nouveaux références, perte client, action promotionnelles	Analyse des besoins, élaboration des PV	Détermination des Besoins (Distribution, Requirement, Planning)	Sourcing	Commande spéciale	Price List	Commande achat	Contrat de vente	Vaïation Contrat/Achat	Production	Ouverture lettre de crédit	Suivi des commandes fournisseur groupe	Tableau de report des délais
Processus d'approvisionnement	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Préparer l'approvisionnement	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elaborer et tenir à jour des plans stratégiques, des politiques et des procédures pour répondre aux besoins des organismes acquéreurs potentiels, ainsi qu'aux buts et objectifs de l'organisation interne, y compris les besoins de la direction ou projet de l'organisation externe	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Identifier les possibilités	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Répondre à un appel d'offres	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Choisir des acquéreurs appropriés disposés à mener des négociations équitables, capables de respecter leurs obligations financières et disposés à maintenir des communications ouvertes tout au long du processus d'approvisionnement.	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Évaluer les demandes de l'acquéreur et proposer une Di qui répond aux besoins de l'acquéreur et qui est conforme aux normes de l'industrie et à d'autres normes. Des évaluations de la gestion du portefeuille de projets, de la gestion des ressources humaines, de la gestion de la qualité et des processus d'analyse des activités ou des missions sont nécessaires	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
obtenir une évaluation de la gestion des ressources humaines	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
obtenir une évaluation de la gestion de la qualité	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
obtenir une évaluation de la gestion des ressources humaines	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Établir et maintenir une entente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Exécuter l'accord	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Démarrer le projet et invoquer les autres processus définis dans ce manuel.	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gérer les activités du processus d'approvisionnement, y compris la prise de décision pour les ententes, l'établissement et la mise en œuvre des ententes, l'interaction avec la direction de l'organisation, la responsabilité de l'élaboration des plans et des mises à jour de ces plans, et la mise en œuvre de ces plans.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maintenir les communications avec les acquéreurs, les sous-traitants, les intervenants et les autres organisations au sujet du projet.	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Évaluer soigneusement les conditions de l'entente afin d'identifier les risques et les problèmes, les progrès vers l'atténuation des risques et la pertinence des progrès vers la prestation, évaluer les coûts et le rendement du calendrier, et déterminer les résultats indésirables potentiels pour l'organisation.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Livrer et soutenir le produit ou le service.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Après l'acceptation et le transfert des produits et services finaux, l'acquéreur fournira le paiement ou toute autre contrepartie conformément à tous les accords, amendes et lois et règlements pertinents.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Après l'acceptation et le transfert des produits et services finaux, l'acquéreur fournira le paiement afin d'en tirer des leçons pour le rendement continu du processus.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plan stratégique de l'organisation	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Demande d'approvisionnement	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Paiement de l'approvisionnement	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Systeme validé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Systeme éliminé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stratégie d'approvisionnement	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Systeme éliminé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contrat d'approvisionnement	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Systeme éliminé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rapport d'approvisionnement	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Dossier d'approvisionnement	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figure F.1 – Base de référence pour la détection de similarité sémantique entre termes

Résumé

Une approche d'accompagnement de la maturation BPM d'une entreprise et de la formalisation de ses processus métiers

Les approches de gestion des processus métier font aujourd'hui partie intégrante de la vie et de la recherche de performance des entreprises. Néanmoins, ce domaine demeure historiquement cloisonné en particulier vis-à-vis du rôle du système d'information dans l'entreprise. Dans le contexte d'une collaboration industrielle avec une entreprise fournissant un outil d'orchestration des processus métier, ces travaux de recherche s'articulent autour de deux contributions principales :

- un cadre d'évaluation de la maturité des entreprises par rapport à l'intégration de la gestion des processus métier dans leur quotidien et leur amélioration continue
- une démarche outillée s'inscrivant dans le cadre précédent et permettant la génération d'une cartographie de processus respectant un ensemble de règles relatives préalablement choisies (comme celles provenant de la certification ISO)

Les résultats de ces travaux ont été appliqués à un cas industriel réel ce qui a permis de démontrer la pertinence et la nécessité d'une convergence entre un système d'information et la démarche processus d'une entreprise.

Mots clefs: Gestion des Processus Metiers, Modélisation de processus, Génération de cartographie, Modélisation orientée contraintes, Maturité BPM.

Abstract

An approach to support the BPM maturation of a company and the formalization of its business processes

Business process management approaches are now an integral part of the life and of the performance quest in organizations. Nevertheless, this field remains historically compartmentalized, particularly concerning the role of the information system in the company. In the context of an industrial collaboration with a company providing a business process orchestration tool, this research work is structured around two main contributions:

- a framework for assessing the maturity of companies with regard to the integration of business process management into their daily lives and their continuous improvement
- a tool-based approach that fits into the previous framework and allows the generation of a process cartography respecting a set of previously chosen rules (such as those from ISO certification)

The results of this work were applied to a real industrial case, which demonstrated the relevance and necessity of a convergence between an information system and a company's business process approach.

Keywords: Business Process Management, Process modeling, Cartography generation, Constraint-oriented modeling, BPM maturity.