Ingénierie et Architecture d'Entreprise et des Systèmes d'Information - Concepts, Fondements et Méthodes

Selmin Nurcan

▶ **To cite this version:**

Selmin Nurcan. Ingénierie et Architecture d'Entreprise et des Systèmes d'Information - Concepts, Fondements et Méthodes . Informatique [cs]. Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 2012. tel-01217637

HAL Id: tel-01217637
https://paris1.hal.science/tel-01217637

Submitted on 19 Oct 2015

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.

Mémoire

pour l'obtention de

l'Habilitation à Diriger des Recherches en Informatique

présenté à

l'Université Paris 1 Panthéon Sorbonne

par

Selmin NURCAN

Maître de Conférences - Section CNU 27
Docteur en informatique de l'INSA de Lyon

Ingénierie et Architecture d'Entreprise et des Systèmes d'Information

Concepts, Fondements et Méthodes

Soutenu publiquement le 7 décembre 2012 devant le jury composé de :

Rapporteurs

Corine Cauvet	Université Aix-Marseille III Paul Cézanne
Colette Rolland	Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne
Camille Rosenthal-Sabroux	Université Paris-Dauphine

Examinateurs

Khalid Benali	Université de Lorraine
Eric Dubois	Centre de Recherche Public Henri Tudor, Luxembourg

Partie 1 :

THEMES de RECHERCHE et CONTRIBUTIONS

C'est le temps que tu as perdu pour ta rose qui fait ta rose si importante.

Antoine de Saint-Exupéry

Remerciements

Ce document est le fruit de travaux de recherche sur environ 20 ans.

Mes premiers remerciements vont

- à Colette Rolland qui m'a permis de découvrir en moi la force et le courage nécessaires pour tracer ma voie. Mon chemin professionnel aurait été indubitablement différent sans cette rencontre. Elle a été un mentor, un exemple à (tenter de) suivre et transmettre. Qu'elle reçoit ici le témoignage de ma gratitude.
- à Corine Cauvet et Camille Rosenthal-Sabroux pour leurs encouragements, pour avoir accepté d'être rapporteur de mon travail, et de leur présence aujourd'hui.
- è Eric Dubois et Khalid Benali pour avoir accepté de participer à ce jury, pour leur présence.

Mes pensées vont

- à mes parents qui ont forgé en moi les valeurs qui furent mes racines et mes fondations, et qui m'ont empêchée de m'envoler à des moments difficiles de la vie, bien après leur disparition.
- à ma sœur à qui j'ai imposé une séparation à un âge où elle avait certainement encore besoin de sa grande sœur.
- à mon époux pour sa patience, pour ses encouragements, silencieux et dans les actes, qui m'ont portée ces dernières années.
- à mes neveux qui mettent de la gaité dans mon cœur.
- à mes amis, à mes collègues, à tous ceux qui ont influencé mon cheminement tantôt volontairement tantôt sans même le savoir.

Table des matières

1. MOTIVATIONS ET CADRE DES RECHERCHES 1

1.1. INTRODUCTION 1

1.2. CONSTATS ET MOTIVATIONS 3

1.3. CHRONOLOGIE ET CONTEXTES DES RECHERCHES 6

1.3.1. Bref rappel sur la thèse de doctorat (1987-1990) 6
1.3.2. Travaux sur les technologies et les systèmes supports de coopération (1991-1995) 7
1.3.3. Intégration au CRI et premiers travaux sur la modélisation d'entreprise (1996-2000) 9
1.3.4. Focus sur l'alignement métier/système, l'évolution et la flexibilité (2001-2012) 9

1.4. POSTULATS 11

1.5. POSITIONNEMENT ET THEMES DE RECHERCHE 14

1.5.1. Travail coopératif et modélisation de workflow (thème 1) 14
1.5.2. Modélisation déclarative et adaptative des processus d'entreprise (thème 2) 15
1.5.3. Des processus métier à la modélisation d'entreprise (thème 3) 17
1.5.4. Vers la gouvernance du système d'information (thème 4) 19

1.6. ORGANISATION DU DOCUMENT 21

2. TRAVAIL COOPERATIF ET MODELISATION DE WORKFLOW 23

2.1. CONSTATS ET MOTIVATIONS : VERS UNE NOUVELLE ORGANISATION CO-OPERANTE 24

2.2. ETAT DE L'ART 25

2.2.1. Travail coopératif, CSCW, groupware, workflow 25
2.2.2. Besoins de représentation et solutions existantes 28
2.2.2.1. Modélisation d'une procédure 28
2.2.2.2. Formalismes pour la représentation de procédures 28
2.2.2.3. Cadres et méthodes pour l'analyse et/ou la conception d'organisations d'individus (début 90's) 30

2.3. OBJECTIF : INTEGRATION 31

2.4. RESULTATS 32

2.4.1. Proposition d'une méthode pour la conception d'applications workflow 33
2.4.2. Intégration de tâches collectives dans une application workflow : trois modèles orientés groupe et propositions d'extension 34
2.4.2.1 Modèles de communication 35
2.4.2.2. Modèles de dialogue 36
2.4.2.3 Modèles d'argumentation 36
2.4.3. Workflow et démarche qualité 37
2.4.4. Un méta-modèle générique pour la représentation de processus coopératifs 37

2.5. CONCLUSION 41

3. MODELISATION DECLARATIVE ET ADAPTATIVE DES PROCESSUS D'ENTREPRISE.....43

3.1. CONSTATS ET MOTIVATIONS : VERS UN NOUVEL ECOSYSTEME D'ORGANISATIONS EN MOUVEMENT PERPETUEL.....44

3.1.1. Exigences d'agilité dans la modélisation et l'exécution des processus d'entreprise..45
3.1.2. Une vision encore opérationnelle des acteurs et des rôles.....45
3.1.3. Exigences d'utilisabilité pour les consommateurs de ces modèles et méta-modèles, les acteurs métier.....46
3.1.4. Exigences d'utilité pour les parties prenantes des processus d'entreprise.....46

3.2. ETAT DE L'ART.....47

3.2.1. Ingénierie des processus.....47
3.2.1.1. Processus dans le domaine de l'ingénierie des systèmes d'information...47
3.2.1.2. Processus dans le domaine du management de l'organisation.....49
3.2.1.3. Processus dans le domaine de la modélisation d'entreprise : ingénierie des processus d'entreprise.....50
3.2.2. Perspectives et propos de la modélisation des processus d'entreprise.....52
3.2.3. Exigences de flexibilité pour la modélisation et le contrôle des processus.....54
3.2.4. Ingénierie de processus d'entreprise flexibles : pistes de solution.....58
3.2.4.1. Modélisation dirigée par les buts.....58
3.2.4.2. Modélisation déclarative des processus.....60
3.2.4.3. Variabilité.....63
3.2.4.4. Conscience du contexte.....64
3.2.4.5. Gestion dynamique des ressources humaines.....66

3.3. OBJECTIFS : DECLARATIVITE, VARIABILITE, CONSCIENCE DU CONTEXTE, DYNAMICITE.....67

3.4. RESULTATS.....68

3.4.1. Modélisation intentionnelle et déclarative des processus.....68
3.4.1.1. Objectifs métier et la vue intentionnelle des processus d'entreprise.....70
3.4.1.2. La vue organisationnelle et opérationnelle des processus d'entreprise...73
3.4.2. Variabilité et conscience du contexte.....75
3.4.2.1. Rôle et contexte.....75
3.4.2.2. Variabilité basée sur la configuration locale des artefacts de représentation dans une perspective dirigée par les activités.....79
3.4.2.3. Processus d'entreprise non structurés et applications sociales.....81
3.4.3. Configuration dynamique.....83

3.5. CONCLUSION.....84

4. DES PROCESSUS METIER A LA MODELISATION D'ENTREPRISE.....87

4.1. CONSTATS ET MOTIVATIONS : NECESSITE DE CONSIDERER L'ENTREPRISE COMME UN SYSTEME.....90

4.1.1. Multiplicité des représentations et exigence de cohérence.....90
4.1.2. Agilité et apprentissage : atouts majeurs.....91
4.1.3. Maintenir l'alignement des dimensions du système d'entreprise et guider leur co-évolution.....92

4.2. ETAT DE L'ART.....93

4.2.1. Modélisation d'entreprise.....93
4.2.2. Gestion du changement.....96
4.2.2.1. Le cadre de référence.....96
4.2.2.2. Evaluation des approches de gestion de changement étudiées.....101
4.2.3. Capitalisation, documentation et partage de la connaissance.....104

4.2.4. Alignement métier/SI et co-évolution 104
4.2.4.1. Nature des éléments à aligner 104
4.2.4.2. Ingénierie de l'alignement 105
4.2.4.3. Méthodes d'évolution des systèmes existants 107

4.3. OBJECTIFS : COHERENCE, CHANGEMENT, CAPITALISATION 107

4.4. RESULTATS 109

4.4.1. EKD-CMM un cadre d'architecture pour la modélisation d'entreprise 109
4.4.1.1. Méta-modèle de buts 110
4.4.1.2. Méta-modèle de processus d'entreprise 111
4.4.1.3. Vision intégrée des méta-modèles de buts et de processus d'entreprise 114
4.4.1.4. Modèle du processus de changement (CMM) 115
4.4.2. Une méthode pour guider la définition du changement 115
4.4.2.1. Caractérisation de la méthode EKD-CMM par rapport au cadre de référence 115
4.4.2.2. Présentation de la méthode EKD-CMM 117
4.4.3. Vers l'ingénierie d'entreprise et des systèmes d'information 120
4.4.4. Un cadre pour la capitalisation et la réutilisation des modèles 123
4.4.5. DEEVA, une méthode pour guider la co-évolution métier/SI 125
4.4.5.1. Modèle d'alignement intentionnel 126
4.4.5.2. Modèle de co-évolution stratégique 128
4.4.5.3. Modèle de co-évolution tactique 129

4.5. CONCLUSION 130

5. VERS LA GOUVERNANCE DU SYSTEME D'INFORMATION 133

5.1. CONSTATS ET MOTIVATIONS : NECESSITE D'ARBITRER DANS L'INCERTAIN 135

5.2. ETAT DE L'ART 137

5.3. OBJECTIFS : "ORCHESTRER, CHOREGRAPHIER, IMPROVISER, INNOVER" L'EVOLUTION DU SYSTEME D'INFORMATION *VERSUS* "PLANIFIER, CONTROLER, DIRIGER, PILOTER" 142

5.4. RESULTATS 143

5.4.1. Modèle de référence de la gouvernance du système d'information 144
5.4.2. La démarche de la gouvernance du système d'information 145
5.4.2.1. Orchestrer et chorégraphier: construire, exploiter et observer le portefeuille de projets 145
5 4.2.2. Improviser et innover pour rester en cohérence avec la stratégie d'entreprise: réagir aux aléas, réajuster, arbitrer 146

5.5. CONCLUSION 147

6. CONCLUSION ET PERSPECTIVES 149

6.1. SYNTHESE ET PERSPECTIVES PAR THEME 150

6.2. CONTRIBUTIONS DES TRAVAUX PAR THEME A LA VISIBILITE DES RECHERCHES 155

6.3. REFLEXIONS SUR L'ENSEMBLE DES TRAVAUX ET SUR LE PARCOURS 157

7. BIBLIOGRAPHIE 165

7.1. LITTÉRATURE 165

7.2. PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES DE L'AUTEUR 190
7.3. ENCADREMENTS DE RECHERCHÉ (/ER) 199

8. ANNEXES 201
8.1. GLOSSAIRE 201
8.2. SYNTHÈSE DU POSITIONNEMENT DES APPROCHES DE LA GSI 202
8.3. LE MÉTIER DU DIRECTEUR DES SYSTÈMES D'INFORMATION 203

Chapitre 1.

MOTIVATIONS et CADRE des RECHERCHES

*Celui qui a un 'pourquoi' qui lui tient lieu de but, de **finalité**,*
peut vivre avec n'importe quel 'comment'
Nietzsche

1. Motivations et Cadre des Recherches

1.1. Introduction

Pour Stephen P. Robbins, l'entreprise (vue comme une organisation) se définit comme «*l'ensemble de moyens structurés, constituant une unité de coordination, ayant des frontières identifiables, fonctionnant en continu, en vue d'atteindre un ensemble d'objectifs partagés par l'ensemble de ses membres (salariés, dirigeants, actionnaires...)*.» [Robbins, 1990].

Avoir les mêmes objectifs requiert avant tout que les parties prenantes disposent de la même compréhension, et pas nécessairement avec le même niveau de précision, sur la réalité de l'entreprise (qu'elle soit de nature marchande ou pas). Cette dernière doit donc pouvoir percevoir les informations provenant de son environnement, les analyser, les stocker et les retrouver à toutes fins utiles, aux moments requis et auprès des acteurs impliqués, afin de construire cette compréhension partagée entre ses membres mais aussi pour l'aider à envisager son futur.

Mais qu'est-ce que l'information ? Informer c'est fournir des représentations pour résoudre des problèmes selon R. Reix [Reix, 2004] ou plus généralement pour prendre les décisions appropriées, et aussi les meilleures, dans la situation où l'entreprise se trouve. L'information est une différence qui produit une différence selon G. Bateson [Bateson, 1979], [Bateson, 1995]. La première différence est celle que l'on est capable de détecter, associée souvent à un signal. La seconde différence définit en quoi cette information perçue va modifier notre connaissance et nous permettre ainsi d'avancer dans la résolution de notre problème. Il est alors aisé de constater que l'information dépend aussi de la personne qui la reçoit, par la représentation que cette personne se donne du domaine et du problème à résoudre.

Il existe une multitude de définitions du système d'information dans la littérature. J'en citerai quelques unes ici :

- Selon Hirshein *et al*. [Hirschein et al., 1995], le système d'information est un système social de significations partagées. Dans cette définition, le système d'information fait référence à des échanges interpersonnels. Le fait que les informations échangées soient supportées par des technologies de l'information et de la communication – voire aucune – ne remet pas en cause leur signification. Les acteurs sont tout autant des composantes du système d'information (par l'interprétation qu'ils font de l'information) que des composantes du système d'organisation (par le rôle qu'ils jouent dans l'organisation).
- Selon S. Alter [Alter, 1992], le système d'information est défini par une combinaison de pratiques de travail, d'informations, d'individus, et de technologies de l'information (aujourd'hui nous devrions ajouter 'de la communication et de la connaissance') en vue d'atteindre certains objectifs. Cette définition apporte sa dimension stratégique au système d'information.
- Selon R. Reix [Reix, 2004] , le système d'information est un ensemble organisé de ressources (individus, matériel, logiciel, progiciel, bases de données, procédures) qui permettent d'acquérir, de traiter, de stocker, et de communiquer l'information sous différentes formes au sein d'une organisation.

En synthétisant ces définitions, nous pouvons dire que le système d'information est un ensemble organisé de ressources technologiques et humaines visant à (i) aider la réalisation des activités de l'organisation, et (ii) faciliter/servir l'accomplissement des objectifs métier fixés pour et par cette organisation. La première définition ci haut [Hirschein et al., 1995], souligne le fait que, dans son essence, le système d'information n'a pas besoin d'être outillé par les technologies de l'information. Bien que cette définition soit assez fidèle à ma vision des systèmes d'information, je prendrai néanmoins le soin de rappeler que l'intitulé *système d'information* (c'est volontairement que je ne parle pas du concept qui a toujours existé, dans toute organisation humaine, sous des formes variées) existe depuis qu'il existe des technologies qui supportent l'automatisation de l'information (informatique : *informa*tion+automa*tique*). Les systèmes d'information auxquels je m'intéresse dans mes travaux, sont des systèmes d'information technologisés, autrement dit outillées par un ou plusieurs systèmes informatiques[1], sans pour autant être réduits à leurs composants techniques.

Un système d'information a pour mission de rendre les activités principales de l'organisation génératrices de davantage de valeur ajoutée. Il tire parti des technologies informatiques (mémorisation, calcul, transformation, présentation, communication) pour établir un réseau de d'échange et d'interrelations entre les activités de l'organisation. Il constitue un support d'information et de décision 'au service' de chaque activité. Aujourd'hui, de tels services informationnels reposent, pour la plupart, sur les technologies informatiques et conduisent à assimiler, souvent à tort, systèmes d'information et systèmes informatiques. Rappelons que la distinction essentielle entre les deux repose sur la différence entre objectifs et moyens, autrement dit entre besoins et solutions.

Les Systèmes d'Information (SI) ont d'abord été pensés comme des instruments de collecte, diffusion et traitement de l'information indispensables pour apporter au lieu et au moment où les acteurs de l'organisation en ont besoin, l'information sans laquelle ils ne peuvent agir efficacement. Ils sont aujourd'hui plus que cela, les *dépositaires du savoir* et du *savoir-faire des organisations*, garants de la 'non volatilité' et de la 'non perdition' de la connaissance engrangée dans une organisation, de ses pratiques efficaces, des récits et leçons tirés de ses échecs. Le rôle des systèmes d'information dans le fonctionnement des organisations est de plus en plus crucial.

[1] Il est courant de dénombrer autant de systèmes informatiques que d'applications ou d'ensembles d'applications conçues et exploitées de manière indépendante.

1.2. Constats et motivations

Les systèmes d'information sont omniprésents, multiformes et de plus en plus complexes. L'ensemble des activités d'ingénierie permettant de les concevoir, de les construire, de les faire opérer et évoluer doit s'adapter aux nouvelles conditions de leur usage, à leur évolution de forme, de contenu et d'objectif et à leur complexité croissante.

Sur une période de moins de cinquante ans, qui a commencé par l'informatisation des fonctions de support dans les organisations (comptabilité, paie, ressources humaines) pour arriver rapidement sur les activités liées au cœur de métier (vente, production, approvisionnement, dépendant du secteur métier de l'entreprise), on est passé de la perspective du "*Quoi et Comment*" à celle du "*Pourquoi et pour Quels Effets*". Le "tout technologique" qui a caractérisé les années 60-90 est en train d'être remplacé par une vision plus globale de la problématique des systèmes d'information dans laquelle ***on relie et on articule la stratégie, l'organisation des activités et les systèmes d'information et de décision, les technologies de l'information et de la communication, la qualité et les personnes***.

L'ingénierie des systèmes d'information s'est longtemps cantonnée à la modélisation du produit (objet) qu'est le système d'information sans se préoccuper des processus d'usage de ce système. Dans un environnement de plus en plus évolutif, la modélisation du fonctionnement du système d'information au sein de l'entreprise me semble primordiale. L'ingénierie d'entreprise et des systèmes d'information (IESI) a pour finalité de renforcer la valeur d'usage du système d'information et de faire de celui-ci un atout pour l'entreprise. La mise en cohérence de l' "objet SI" avec l'usage qui en sera fait par les acteurs de son environnement est une démarche visant à faire coïncider les aptitudes du système d'information (des services offerts) avec l'organisation des processus ainsi qu'avec les missions et les visions de l'entreprise.

Le système d'information est un système sociotechnique. Le terme 'sociotechnique' a été proposé et utilisé dans la littérature par Trist et Bamforth [Trist et al., 1951] pour définir une organisation comme une dualité de sous-systèmes sociaux et technologiques inter reliés qui fonctionnent comme un 'tout' dans son environnement opérationnel. Plus tard, Coombs et al. [Coombs et al., 1992] ont défendu le développement de la composante sociale des technologies de l'information et de la communication dans l'organisation, argumentant que les deux aspects ne peuvent être séparés lorsque l'on étudie une organisation.

Pendant les deux dernières décennies, les pratiques de management, d'ingénierie et d'opération ont subi des mutations profondes et multiformes. Nous devons tenir compte de ces mutations dans les recherches en ingénierie des systèmes d'information afin de produire des formalismes et des démarches méthodologiques qui sauront anticiper et satisfaire les nouveaux besoins :

1- L'efficacité d'une organisation dépend de l'efficacité de ses groupes de travail. Cependant, l'action d'une organisation ne se déroule plus (ou rarement) dans un lieu de périmètre réduit et figé où les personnes (en nombre réduit aussi) connaissent suffisamment les activités des autres de manière à pouvoir anticiper les problèmes dans les situations où leur probabilité de survenance augmente. Le périmètre de l'organisation s'étend, d'une part à cause des considérations économiques qui conduisent à des fusions et acquisitions (difficile de survivre dans la compétition à l'échelle mondiale lorsqu'on est petit), et d'autre part à cause des considérations de performance (cette dernière étant trop souvent mesurée par des indicateurs financiers et donc incomplets) qui conduisent à des externalisations au niveau mondial. Dans un cas comme dans l'autre, la taille de l'organisation et le nombre d'acteurs augmentent et le lieu de l'action (et de manière plus cruciale celui de l'interaction) n'est plus confiné dans les murs d'un immeuble. Il arrive que les collaborateurs ne soient plus issus d'un même secteur métier (différences de culture, de connaissances sur les activités des autres, de jargon), d'une même ville ou d'un même pays (difficultés à se rencontrer), ni d'une même culture (au sens comportements individuels et collectifs et attitudes sociétales). Les techniques de management, les outils de gestion des ressources humaines et des compétences ne sont pas identiques, en Finlande, en France, aux Etats-

Unis, en Chine ou au Maroc. Les dysfonctionnements dans la coopération des individus et des groupements [Khoshafian et al., 1992], [**N98a**], [N98b] pourraient alors se situer dans les différents niveaux de l'organisation (stratégie, organisation et opérationnalisation des processus, comportement des personnes face aux responsabilités qui leur sont affectées …).

Le système d'information est le lieu même où s'élabore la coordination des actes et des informations sans laquelle une entreprise (et toute organisation), dans la diversité des métiers et des compétences qu'elle met en œuvre, ne peut exister que dans la médiocrité. ***La compréhension des exigences de coopération dans toutes ses dimensions (communication, coordination, collaboration) et le support que l'informatique peut et doit y apporter deviennent donc un sujet digne d'intérêt pour les recherches en système d'information.***

2- Le changement organisationnel est devenu une préoccupation majeure pour laquelle de nombreuses méthodes de gestion ont été proposées. L'une des plus connues est le BPR (Business Process Reengineering) ou la reconfiguration des processus d'entreprise [Hammer et al., 1993]. Les entreprises doivent évoluer pour mieux satisfaire leurs clients, améliorer leur processus internes, adapter les produits et/ou les services offerts à la demande des clients. Elles doivent innover car sinon elles ne seront plus là demain. Pendant les deux dernières décennies, les entreprises ont vécu les effets de l'intégration des technologies de l'information et de la communication dans leurs pratiques métiers. La maturité grandissante de l'usage de ces technologies au service des pratiques métiers a souvent fait évoluer les processus d'entreprise et même la logique d'entreprise.

Le paradigme de *management des processus d'entreprise* (BPM) est en forte opposition avec le développement traditionnel des systèmes d'information qui, pendant plusieurs décennies, a cristallisé la division verticale des activités des organisations et favorisé ainsi la construction d'îlots d'information et d'applications. Le management d'entreprise dirigée par les processus nécessite, avant tout, des concepts appropriés pour la conception et l'organisation des processus d'entreprise et des systèmes d'information qui les supportent. La finalité est de construire des structures flexibles qui puissent s'adapter le plus rapidement et le plus aisément possible aux changements organisationnels [Scheer et al., 2000], [N03b], [N04a], [**N05b**].

Cependant, les approches traditionnelles de modélisation de processus ne sont pas à la hauteur des besoins d'ingénierie des processus dans ce contexte en constant changement, que ce dernier soit de nature contextuelle ou permanente. ***Nous avons donc besoin de formalismes (i) qui permettent non seulement de représenter les processus d'entreprise*** *et leurs liens avec les composants logiciels du système existant ou à venir* ***mais (ii) qui ont aussi l'aptitude à représenter la nature variable et/ou évolutive*** *(donc parfois éminemment décisionnelle)* ***de ces processus.***

3- Les systèmes d'information continuent aujourd'hui de supporter les besoins classiques tels que l'automatisation et la coordination de la chaîne de production, l'amélioration de la qualité des produits et/ou services offerts. Cependant un nouveau rôle leur est attribué. Il s'agit du potentiel offert par les systèmes d'information pour adopter un rôle de support au service de la stratégie de l'entreprise. Les technologies de l'information, de la communication et de la connaissance se sont ainsi positionnées comme une ressource stratégique, support de la transformation organisationnelle voire comme levier du changement.

Pour disposer d'une vision globale du système d'information dans toutes les activités d'ingénierie et pour adopter une vraie perspective de "*Pourquoi et pour Quels Effets*", les processus d'entreprise (et les artefacts qui permettent de les représenter) offrent une dimension nécessaire mais non suffisante. Le système d'information est (supposé être) conçu et construit au 'service' de l'organisation. Or, une organisation a d'autres dimensions, et dispose d'autres biens tangibles ou intangibles, que son système d'information et ses

processus. En outre, ces derniers sont très souvent représentés dans la littérature selon une perspective purement opératoire (qui fait quoi, quand et où) qui est réducteur de la réalité (tout modèle l'est par définition) ; il est donc d'autant plus essentiel de choisir des formalismes de représentation en adéquation avec le propos de la modélisation.

Les approches de modélisation d'entreprise permettent de spécifier les différents éléments constituant une organisation tels que les acteurs, les objets métier, les ressources, les processus, les politiques, les règles, les buts, les missions, etc… [Decker et al., 1997], [N99b], [**N99d**], [Eriksson et al., 2000], [Barrios, 2001/ER], [N03a], [Zachman, 2003] avec des logiques propres aux éléments que l'on veut représenter. Par exemple, dans un modèle d'acteurs, on peut spécifier les responsabilités des acteurs, décrire les dépendances de diverses natures qui peuvent exister entre les acteurs, alors que dans un modèle de buts on incorporera soit une décomposition, soit des liens d'influence positive ou négative entre les buts. La modélisation d'entreprise doit aussi ***permettre de représenter les liens entre les éléments appartenant à des dimensions ou des perspectives différentes, et de mesurer la cohérence de ces liens***. Dans la plupart des approches de modélisation d'entreprise, ces activités d'ingénierie conduisent à la définition de l'***architecture d'entreprise***. L'architecture d'entreprise est un socle pour maîtriser la complexité du fonctionnement d'une organisation (et de son système d'information) et son développement futur [Zachman, 2003].

Les modèles d'entreprise peuvent représenter l'état actuel de l'organisation afin de comprendre, de disposer d'une représentation partagée, de mesurer les performances, et éventuellement d'identifier les dysfonctionnements. Ils permettent aussi de représenter un état futur souhaité afin de définir une cible vers laquelle avancer par la mise en œuvre des projets. ***L'entreprise étant en mouvement perpétuel, son évolution fait partie de ses multiples dimensions.*** Nous avons donc besoin de représenter, a minima, un état futur et le chemin de transformation à construire pour avancer vers cette cible. Cependant planifier/imaginer/se projeter vers une cible unique et, en supposant que l'on y arrive, croire qu'il puisse exister un seul chemin pour l'atteindre semble irréaliste. Nous devons donc proposer des ***formalismes qui permettront de spécifier des scenarii à la fois pour des cibles à atteindre et pour des chemins à parcourir***. Nous devons aussi développer des démarches méthodologiques pour ***guider de manière systématique la construction de ces modèles d'entreprise et la rationalité sous-jacente.***

4- Les systèmes d'information, désormais essentiels à la création de valeur, constituent un facteur déterminant pour l'avenir concurrentiel des entreprises. ***Les décisions concernant le développement de ces systèmes sont parmi les plus importantes*** que doivent prendre les dirigeants en matière d'investissement. De plus en plus d'entreprises se tournent vers des stratégies fondées sur le traitement de l'information et l'exploitation des connaissances. De la même manière, de plus en plus d'entreprises sont des entreprises d'information. L'une des conséquences majeures de cette transformation est que la stratégie d'entreprise doit s'accompagner d'une stratégie d'information (et de technologies de l'information et de la communication).

Or, une étude menée pendant plus de deux ans par le CIGREF et McKinsey&Company [CIGREF-McKinsey, 2004] au sein des équipes dirigeantes, aussi bien la direction générale que les directeurs métiers des unités opérationnelles ou fonctionnelles, fait ressortir deux perceptions marquantes : (i) les systèmes d'information ne contribuent pas suffisamment à la création de valeur pour l'entreprise française ; (ii) les leviers d'actions pour y remédier, bien qu'ils soient connus, ne sont pas mis en œuvre (ou le sont insuffisamment).

Une étude réalisée auprès de 250 entreprises d'Europe francophone représentant l'ensemble des secteurs d'activité conclut que 65% des entreprises ont une stratégie d'entreprise formalisée et que seulement 53% ont élaboré un schéma directeur du système d'information [Acadys, 2003]. Rappelons qu'un schéma directeur manifeste de l'existence

d'une stratégie de système d'information dans la mesure où il (i) décrit le système d'information existant, (ii) définit le système d'information cible, (iii) propose des trajectoires possibles pour passer de l'un à l'autre et (iv) définit les priorités, les étapes et les moyens nécessaires pour parcourir ces trajectoires. Or, P. Tassin souligne un autre fait [Tassin, 2005] : les directions générales parlent toujours de leurs problèmes informatiques, rarement des problèmes de système d'information.

De plus en plus, les dirigeants et les parties prenantes souhaitent avoir l'assurance que leurs intérêts ont été pris en compte dans l'ingénierie et le fonctionnement du système d'information même si la formulation qu'ils font de ce besoin est révélateur du fait que souvent ils ne considèrent, ou pire ne voient, que la partie visible de l'iceberg.

La gouvernance d'un système d'information [Le Roux et al., 2006] a de multiples objectifs :

(i) assurer que les ***prises de décision*** concernant le système d'information soient mieux informées ;

(ii) faciliter la construction d'une vision partagée du système d'information par tous les acteurs, direction générale, directions métiers, direction du système d'information, utilisateurs grâce à la qualité de la ***justification des décisions*** concernant le système d'information;

(iii) utiliser cette vision partagée comme un 'révélateur' pour aider toutes les parties prenantes à comprendre la complexité du système d'information, et de même la complexité de son évolution, et mettre ainsi chacun en face de ses ***responsabilités*** et ses ***prérogatives*** pour les ***décisions*** concernant le système d'information.

En moins de cinquante ans, ***le propos du système d'information a évolué*** et s'est complexifié. Aujourd'hui, le système d'information doit supporter non seulement les fonctions de support de manière isolée et en silos (1970-1990), et les activités appartenant à la chaîne de valeur [Porter, 1985] de l'entreprise (1980-2000) mais aussi les ***activités de contrôle, de pilotage, de planification stratégique*** ainsi que la ***cohérence*** et ***l'harmonie de l'ensemble des processus liés aux activités métier*** (2000-201x), en un mot les activités de management stratégique et de gouvernance d'entreprise. La gouvernance d'entreprise est l'ensemble des processus, réglementations, lois et institutions influant la manière dont l'entreprise est dirigée, administrée et contrôlée. ***Ces processus qui produisent des 'décisions' en guise de 'produit' ont autant besoin d'être instrumentalisés par les systèmes d'information que les processus de nature plus opérationnels de l'entreprise***. De même, ces processus stratégiques (dits aussi 'de développement') nécessitent d'avoir recours à des formalismes de représentation qui sont très loin, en pouvoir d'expression, des notations largement adoptées ces dernières années pour la représentation des processus d'entreprise.

1.3. Chronologie et contextes des recherches

1.3.1. Bref rappel sur la thèse de doctorat (1987-1990)

J'ai conduit mes travaux de thèse de 1987 à 1990 au Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes d'information (LISI) à l'INSA de Lyon dans le contexte d'un projet ESPRIT 1, baptisé EPSILON. J'ai soutenu ma thèse de doctorat, intitulée Représentation de Connaissances et Gestion de Données Evolutives dans le Contexte de la Programmation Logique, le 16 janvier 1991.

L'objectif du projet EPSILON était de construire un système de gestion de connaissances (SGBC) reposant sur la logique du 1er ordre dans un contexte orienté objet. Ce gestionnaire est basé sur l'intégration des technologies de la programmation logique et des bases de données relationnelles. Son but est de fournir un environnement qui offre à la fois des mécanismes de structuration puissants, tels que la modularité (classes et héritage), et un accès efficace et transparent aux bases de données. EPSILON a été réalisé dans un cadre de travail coopératif : six équipes en provenance de trois pays (France, Allemagne, Italie) ont participé à ce projet.

J'ai évalué, optimisé et fiabilisé l'interface bases de données (couplage PROLOG-SGBD transparent à l'utilisateur) développée par notre équipe. Cette consolidation a conduit parfois à changer de façon importante la conception des modules et les choix sous-jacents et à adjoindre de nouvelles fonctionnalités. L'interface hybride (semi interprétée/semi compilée) Prolog-Bases de Données résultant de cette consolidation utilise un protocole de communication à deux phases (statique/dynamique) dans le but de combiner les avantages des approches de couplage interprétée et compilée [N89a], [N90b], [N90d]. Cette stratégie minimise le nombre d'accès au SGBD et génère des requêtes aussi sélectives que possible, par une instanciation maximale des prédicats base de données, en utilisant le SGBD pour les opérations relationnelles (sélections, jointures).

Le produit final a été intégré dans le prototype complet EPSILON, en le définissant comme un nouveau moteur d'inférence grâce auquel l'utilisateur n'a plus besoin de distinguer les prédicats logiques des prédicats base de données dans ses programmes. Cette intégration avec les réalisations des autres partenaires a nécessité de ma part une bonne connaissance des modules réalisés hors de l'équipe. Une application médicale utilisant une base de données très volumineuse, a été écrite et testée dans la version intégrée.

J'ai ensuite travaillé sur l'apport d'une dimension "bases de données dynamiques" à ce SGBC. En effet, une composante très mal prise en compte dans les SGBC concernait alors l'évolution automatique de l'appartenance des instances d'une classe vers une autre classe. Ce problème recouvre partiellement les aspects liés à ce que l'on appelle la dynamique dans les bases de connaissances. Une telle approche permettait de prendre en compte de façon élégante la gestion de contraintes d'intégrité qui définissent la population d'une classe, en ne refusant pas une mise à jour qui viole certaines contraintes, mais en faisant évoluer l'instance concernée vers une nouvelle classe. Des travaux de référence existaient dans le domaine des bases de données actives [McCarthy et al., 1989], [Dayal et al., 1988] et nous nous en sommes inspirés. Pour intégrer cette fonctionnalité dans EPSILON, j'ai défini un moteur d'inférence capable de gérer cette évolution. J'ai effectué au préalable une étude de différents SGBDs actifs. Cet aspect de mon travail a été concrétisé lors d'un stage de DEA que j'ai co-encadré et a conduit à l'implantation dans EPSILON du moteur d'inférence défini dans ma thèse [Crépet-Chanvillard, 1991/ER].

1.3.2. Travaux sur les technologies et les systèmes supports de coopération (1991-1995)

En septembre 1991, j'ai été nommée comme Maître de Conférences sur mon premier poste à l'IUFM de Lyon. Le cas des étudiants salariés (maîtres auxiliaires, maîtres d'internats, surveillants d'externats,…) posait un problème particulier à l'IUFM dans le cadre de la préparation des concours de recrutement (CAPES,…). Ceci avait conduit la direction à envisager l'utilisation de moyens multimédias pour la mise au point de modalités spécifiques de formation à distance, destinées à ces étudiants. Dans ce but, l'institut avait alors sollicité cinq postes d'enseignant-chercheur en informatique pour construire le noyau d'une équipe qui aurait la charge d'un projet de formation à distance : FORMADIS.

J'ai ainsi commencé à m'intéresser à la collectique (appelé aussi Travail Coopératif Assisté par Ordinateur, TCAO, ou Computer Supported Cooperative Work, CSCW) dont l'objectif est de construire des solutions technologiques supportées par ordinateur pour toutes les formes de travail de groupe qui impliquent souvent des modifications importantes dans l'organisation. Mes travaux ont initialement porté sur l'analyse et la conception des systèmes d'information supports de coopération. De 1993 à 1995, j'ai participé à trois projets autour du thème du "support technologique à la coopération" que l'on peut classer sous trois sous-thèmes :

(i) Etude des interactions mises en jeu dans le travail coopératif en particulier dans sa modalité de télé-tutorat - Projet Téléprésence *(1992-1993)*

Le projet Téléprésence de la Région Rhône-Alpes comportait 3 volets : (i) le multimédia et son intégration dans une architecture de travail coopératif, (ii) la vidéoconférence et ses différents champs d'application, et (iii) le travail coopératif.

La recherche proposée dans ce troisième volet avait pour objectif d'étudier les interactions mises en jeu dans le travail coopératif, plus particulièrement dans sa modalité de télé-tutorat. Le projet s'est attaché à préciser les conditions qui rendent possible ce type de travail coopératif à distance par l'intermédiaire de logiciels de groupe et avec des contraintes d'efficacité proches de celles d'une relation face à face.

Deux mémoires de DEA, que j'ai co-encadrés, ont été réalisés dans le contexte de ce travail [Haj-Chehade, 1993/ER], [Francfort, 1993/ER]. Ils ont porté sur l'étude des possibilités pour l'élaboration d'un logiciel associant l'enseignement par ordinateur, le groupware et le co-apprentissage. Ces travaux ont conduit aux spécifications d'un outil de télé-tutorat intégrant des fonctionnalités indispensables dans le travail à distance (partage d'écran, messagerie, ...). Une maquette a été réalisée sous Unix.

(ii) Conception des systèmes d'information supports de coopération - Projet MEGA *(1993-1995)*

J'ai participé activement à l'initialisation du projet MEGA (Methodology for the Engineering of Group based Applications) dont j'ai été la responsable jusqu'à mon départ du LISI, en septembre 1995. Le projet MEGA s'est intéressé à la conception des systèmes d'information supports de coopération (i.e. intégrant le travail coopératif des membres d'une organisation et les supportant par des technologies groupware et, plus spécialement, de type workflow). Nous avons considéré que la problématique du travail coopératif dans les systèmes d'information pouvait être étudiée sous deux angles :

- La conception coopérative des systèmes d'information : similaire à la co-conception dans d'autres domaines (par exemple la CAO)
- La conception des systèmes d'information intégrant le travail coopératif ; ce dernier m'est paru plus original parce qu'il n'avait pas été exploré jusqu'alors.

Ces travaux ont conduit, en exploitant le principe de contingence proposé par la méthode OSSAD, à la proposition de la méthode CISAD (Cooperative Information Systems Analysis and Design) pour l'analyse et la conception de systèmes (i) associant le workflow et les autres situations de travail coopératif, et (ii) offrant des modèles aptes à représenter les interactions entre coopérants qu'il s'agisse d'interactions synchrones ou asynchrones, formelles ou informelles [N95a], [N95b], [N96d].

(iii) Proposition d'éléments de réponse aux exigences de qualité des processus coopératifs - Projet PRINCE *(1994-1995)*

Il s'agit d'un projet commun à la société EVER et au LISI répondant à l'appel d'offre pour le projet "Bureau du futur" du ministère de l'industrie. Ce projet avait pour objectif de construire un système intégrant des technologies existantes pour fournir un système d'aide à l'élaboration coopérative de documents. Le système PRINCE (PRoduction INtelligente et Coopérative de documents en Entreprise) s'est situé dans un cadre de processus de production de documents qui peut se définir comme un enchaînement d'étapes de rédaction, de relecture, d'approbation. Ce projet s'est articulé autour des trois grandes fonctionnalités suivantes: (i) la rédaction multi-acteurs de documents multimédia, (ii) le travail coopératif et l'assurance qualité, (iii) le contrôle de cohérence a posteriori et la gestion des liens avec le système d'information.

Dans ce projet, j'étais responsable de la réalisation du volet "Travail coopératif et assurance qualité". Le module du système PRINCE, dont nous avions la charge, a posé les briques de base pour l'intégration des normes ISO 9000 dans les procédures de production de ces documents. Ce volet était destiné à gérer les règles de production et les acteurs en fonction des différents types de documents. En utilisant le Système de Gestion de Workflow de Bull (FlowPath) et le logiciel de groupe (Notes) de Lotus, nous avons développé des maquettes définissant des modèles des procédures de production de documents [Puech, 1995/ER].

1.3.3. Intégration au CRI et premiers travaux sur la modélisation d'entreprise (1996-2000)

En 1995, j'ai rejoint le Centre de Recherche en Informatique de l'Université Paris 1 Panthéon – Sorbonne, sans pour autant quitter mon poste à l'IUFM de Lyon. Cette période a duré trois années pendant lesquelles j'ai effectué mon service d'enseignement à l'UFR de Gestion de l'Université Paris 1. En 1998, j'ai été nommée sur un poste de maître de conférences dans cette université.

Entre 1996 et 1999, j'ai été un membre actif du projet de recherche ESPRIT IV ELEKTRA (ELectrical Enterprise Knowledge for TRansforming Applications). J'ai participé, dans le cadre du projet ELEKTRA, au développement d'une multi-démarche méthodologique (EKD-CMM) afin de guider une activité de modélisation du changement organisationnel, et plus généralement, toute activité concernant la modélisation de la connaissance d'entreprise [N97a], [**N98f**], [**N99a**], [N99c], **[N99d]**, [**N00b**], [**N02b**]. La motivation essentielle de la recherche du CRI sur ce thème a été d'enrichir la définition du changement par (i) une solution basée sur l'utilisation de modèles qui permettent de représenter l'organisation actuelle et future et les scénarii alternatifs d'impact du changement; et (ii) une démarche méthodologique complète qui assure le guidage du processus de modélisation de l'impact organisationnel du changement jusqu'à la sélection du (des) scénario(s) d'impact le(s) plus approprié(s). Le Modèle de Processus (de EKD-CMM) est outillé par un manuel électronique qui guide la navigation au travers de cartes de processus et qui fournit des directives pour la construction des modèles d'entreprise. Ce manuel est accessible à l'URL http://crinfo.univ-paris1.fr/EKD-CMMRoadMap/index.html.

J'ai participé, plus ponctuellement, au projet ESPRIT Européen CREWS (long term research project, N° 21903, Cooperative Requirements Engineering With Scenarios). Ce projet avait comme objectifs le développement, l'évaluation et la démonstration de l'applicabilité des méthodes et outils pour l'élicitation et la validation coopératives des besoins par les scénarii. En effet, au fur et à mesure que les technologies de l'information deviennent totalement intégrées aux organisations, un nombre plus conséquent d'acteurs moins familiers avec des formalismes de modélisation doivent être impliqués dans l'élicitation et la validation des besoins, et ce de manière traçable. De plus, les systèmes ainsi construits doivent être adaptables et adaptés aux changements des pratiques et des besoins. La spécification des besoins décrit de manière abstraite un monde futur sur lequel les personnes concernées par le système en devenir et les concepteurs sont arrivés à un accord. L'ingénierie des besoins est donc un processus coopératif. Dans [**N98d**], nous avons appliqué la démarche développée dans CREWS à un processus de travail de l'entreprise de distribution de l'électricité étudié dans le projet ELEKTRA.

1.3.4. Focus sur l'alignement métier/système, l'évolution et la flexibilité (2001-2012)

Les travaux que j'ai effectués sur le thème de la modélisation d'entreprise dans et après le projet ELEKTRA ont profondément influencé les choix que j'ai eu à faire dans la suite dans mes recherches concernant l'ingénierie des processus d'entreprise.

Modélisation intentionnelle des workflow adaptatifs

J'ai étendu le méta-modèle de la Carte (MAP), développé au CRI, par les concepts de *'rôle'* et de *'fragment de processus décisionnel'* en vue de son utilisation pour la modélisation d'applications workflow adaptatives, flexibles et dynamiques, intra ou inter entreprises [N04a], [**N05b**]. L'objectif de cette recherche était double :

- exploiter la capacité du méta-modèle MAP (et plus généralement des formalismes orientés objectifs) pour la représentation des processus d'entreprise coopératifs afin de pouvoir décrire, dans un premier temps, les invariants de l'entreprise en termes d'objectifs et de stratégies avant de spécifier la manière de les rendre opérationnels (du moins les parties qui pourront l'être) dans un contexte particulier, par des formalismes usuels de représentation de workflow ;
- exploiter les directives stratégiques et tactiques associées à la Carte afin de représenter les décision managériales associées aux processus d'entreprise.

Modélisations multi-perspectives de l'entreprise, cohérence et évolution

Il est difficile d'envisager un changement dans l'organisation des processus d'entreprise qui n'ait de répercussion sur le système d'information ou une refonte du système d'information qui ne remette en cause la manière d'organiser les activités métier. Mon implication dans le projet ELEKTRA m'a permis de m'intéresser dès 1996 à la problématique d'alignement métier/SI et à l'architecture d'entreprise. La démarche que j'ai pu faire évoluer depuis la fin de ce projet, dans le cadre de différentes directions de thèse, propose de s'intéresser aux facettes multiples des organisations, de manière transversale et dirigée par les objectifs et les processus d'entreprise (voire inter-entreprises), avec comme finalité de construire des systèmes d'information (technologisés) aptes à évoluer en phase avec les stratégies des organisations qu'ils supportent [**N03a**], [**N04b**], [N06c], [N07d], [**N08e**], [N09c]. Cette vision considère aussi que la gestion du système d'information et des technologies qui le supportent est un support indispensable de tout processus qui coordonne proprement l'ensemble des métiers de l'entreprise. Le système d'information est une composante essentielle de la mise en œuvre de la stratégie de l'entreprise et de la recherche de performance. C'est cette vision qui m'a naturellement conduit un peu plus tard à réfléchir à la gouvernance d'entreprise comme ultime mission de l'entreprise devant être supportée par le système d'information et à initier une première étude sur la gouvernance des systèmes d'information.

Ingénierie d'entreprise et des systèmes d'information

J'ai co-animé le Groupe de Travail "Entreprise Communicante et Interopérabilité" ECI des Groupements de Recherche GDR I3 et MACS du CNRS entre 2004 et 2007. Lors de la réorganisation du GDR I3 en 2007, avec la directive de ne plus avoir de groupe de travail inter GDR, j'ai été co-fondateur du Groupe de Travail "Modélisation et interopérabilité des entreprises et des systèmes d'information" ModESI au sein du thème "Ingénierie par et pour les modèles dans les systèmes d'information" du GDR I3 du CNRS. Je co-anime ce groupe depuis 2007 (http://crinfo.univ-paris1.fr/ModESI/).

Mes activités d'organisation et d'animation de groupements scientifiques seront listées dans le chapitre 3 du second document. Néanmoins, les activités d'animation que j'ai réalisées dans le contexte national, et qui ont conduit à construire une structure de recherche dynamique, méritent une place dans cette section dédiée aux contextes de mes recherches et aux projets.

- 2ème Workshop "Ingénierie et Gestion des Processus d'Entreprise" à l'initiative du GT ECI des GDR I3 et MACS du CNRS, le 8 mars 2005 à l'IAE de Paris - Université Paris 1 ; 11 exposés (dont un industriel) et une table ronde, 40 participants.
- 4ème Workshop "Ingénierie et Gestion des Processus d'Entreprise" à l'initiative du GT ECI des GDR I3 et MACS du CNRS, le 15 mai 2007 à l'IAE de Paris - Université Paris 1, sur le thème "Dynamique des organisations et création de valeur : Apports des typologies et des cartographies de processus"; 13 exposés, 45 participants.
- De 2008 à 2010, co-organisation de l'atelier "Ingénierie d'Entreprise et des Systèmes d'Information" associé à INFORSID. Cet atelier est devenu une session thématique dans INFORSID en 2011.
- Le croisement des courants de recherche applicatifs et théoriques depuis presque dix ans et l'intérêt dont ont fait preuve des chercheurs appartenant à ces communautés ont permis de préparer et d'éditer deux numéros spéciaux de la revue Ingénierie des Systèmes d'Information (ISI), sur le thème Ingénierie d'Entreprise et des Systèmes d'Information [N10i], [N10p].

1.4. Postulats

Dans la suite de ce document, le mot « *entreprise* » sera utilisé pour décrire toute forme d'organisation (organisation vue et utilisée dans les précédentes sous-sections dans le sens n° 3 du Petit Robert donné à ce mot):

- Association qui se propose des buts déterminés. → assemblée, groupement, société.
- Organisation politique (→ 1. parti), syndicale (→ syndicat).
- Une puissante organisation financière, industrielle, commerciale. → entreprise.
- Organisation non gouvernementale. → O. N. G.
- Organisation de tourisme, de voyage. → organisme.

Nous utiliserons, dans la suite, le mot « *organisation* » dans le sens n° 2 donné à ce mot dans le Petit Robert :

Façon dont un ensemble est constitué en vue de son fonctionnement. → ordre, 1. régime, structure.

Nous parlerons alors de l'organisation du métier, des processus d'entreprise, des activités métiers ou des acteurs.

En ce début du 21ème siècle, l'entreprise n'est plus industrielle mais commerciale, elle ne se situe plus en un lieu unique, elle est étendue, il lui arrive même de ne plus être entièrement visible mais d'être (en partie) virtuelle. Pour ces nouvelles formes d'entreprise, la pérennité semble presque impossible à obtenir sans un ***apprentissage organisationnel*** réussi. Ce dernier nécessite en premier lieu ***une mémoire partagée***. ***La mémoire est le lieu des représentations et du raisonnement***.

Pour fournir des formalismes (afin de créer des représentations) et des démarches méthodologiques appropriés (afin de guider le raisonnement) aux acteurs de l'ingénierie et de l'architecture d'entreprise et des systèmes d'information, trois postulats vont accompagner ma réflexion quant aux finalités de la modélisation.

1. Représenter, c'est utile pour comprendre et pour avoir l'assurance de partager la même compréhension ; c'est aussi un pré-requis pour pouvoir raisonner sur une réalité complexe par l'intermédiaire des modèles

"*The purpose of a requirement is to* ***reproduce in the mind of the reader*** *the intellectual content which was in the mind of the writer. The quality of a requirement is then the extent to which this takes place*" [Harwell et al., 2000].

"*Un bon* ***croquis*** *vaut mieux qu'un long discours.*" [attribué à Napoléon Bonaparte]

"J'entends, j'oublie. Je ***vois,*** *je* ***me souviens.*** *Je* ***fais,*** *je* ***comprends****"* [Confucius]

Ainsi, la *visualisation de l'information* est un outil puissant pour *formaliser les savoirs* et pour *découvrir* de nouvelles *connaissances*.

Dans ce contexte, la modélisation conceptuelle et les technologies de l'information et de la communication jouent un rôle essentiel pour permettre aux entreprises de construire cette mémoire partagée dans un environnement particulièrement évolutif et concurrentiel. Les techniques de représentation sont utilisées dans toute forme d'ingénierie, l'objet de la construction pouvant être un produit tangible (une voiture, un pont, un avion, une maison) ; une prévision (météorologie, maintenance, économétrie) ; une simulation (de vieillissement, de vol, d'opération chirurgicale, de réparation de machine) ; un diagnostic (maladie, panne) ; une

situation d'interaction H/M (apprentissage, jeux, recherche d'information) ou d'***interaction H/M/H*** (jeux multi-acteurs, systèmes supports de coopération, systèmes supports de processus d'entreprise, ou systèmes de pilotage de processus).

Des techniques de représentation sont utilisées depuis plus de quarante ans pour décrire, spécifier, modéliser les connaissances, qu'elles soient individuelles ou organisationnelles : schémas de bases de données, modèles conceptuels, systèmes experts, réseaux sémantiques, modèles de processus, modèles d'entreprise, etc … et aujourd'hui modélisation et mining dans les réseaux sociaux.

Le périmètre du système en construction et la nature de ses composantes et éléments sont en expansion continue. L'objet est devenu pleinement socio-technique et la multiplicité et la variété ***des usages*** qu'en font quasiment la totalité ***des acteurs*** d'une entreprise doivent aussi faire évoluer nos outils de modélisation et plus globalement d'ingénierie.

"Soft is harder to deal with than hard." [Anonyme]

2. Capitaliser les représentations nécessite de pouvoir en assurer le partage, la fraicheur et la cohérence

Les représentations de l'entreprise et de son système d'information sont de natures *variées*, *multi-auteurs*, *multi-dimensions*, *multi-perspectives*, *multi-propos*.

Pour compléter le panorama, l'entreprise n'est plus 'seule' dans la définition de ses activités et de sa stratégie ; elle fait partie d'un marché où il existe des relations qui se font et se défont (penser à une entreprise comme Zara et au nombre de partenaires et sous-traitants avec lesquels elle doit composer pour rester compétitive et innovante sur ce marché).

Si l'on veut assurer le partage et l'actualisation des représentations du monde réel dans la durée, il est nécessaire de les engranger dans un référentiel partagé sous des formes intelligibles par les usagers de ces représentations et d'en assurer la cohérence pour les rendre utile à tous. C'est *l'utilité* ***perçue*** qui rend possible la réutilisation et la mutualisation des représentations et donc des connaissances et des pratiques. Cette utilité perçue est aussi fortement tributaire de la manière dont les représentations ont été produites. Des 'choses' qui sont décrétées par des instances qui ont (ou pensent avoir) l'autorité pour le faire sont moins bien acceptées (dans la durée) que les 'choses' qui sont *co-produites* ou *produites socialement* [**N10g**]. Les travaux récents dans les applications dites 'sociales' (social software) en apportent des preuves qui restent certes à rendre scientifiquement irréfutables, mais qui rejoignent néanmoins des résultats produits dans d'autres disciplines scientifiques à ce jour, comme la sociologie ou la psycho-sociologie.

Il existe une multiplicité de formalismes, d'objets, de sujets et de propos, donc une diversité de ***perspectives,*** de ***dimensions,*** de ***vues,*** voire de ***cadres de référence*** pour construire et administrer *l'architecture d'entreprise.*

Dimensions de la représentation : Stratégie/Organisation du métier/Système d'information, à l'échelle d'une entreprise, ou Représentation (macroscopique) de l'entreprise dans un réseau d'entreprise.

Objets de la représentation : constituants/éléments sur plusieurs niveaux d'abstraction dans chaque dimension (exemple *acteurs*, *rôles* et *activités* dans un modèle de *processus d'entreprise*, dans la dimension *Organisation du métier*).

Sujets de la représentation : Qui veut construire cette représentation ? Pour qui veut-on construire cette représentation ? Qui a besoin de cette représentation ? Acteur opérant / Acteur décideur / Rôle / Service-Département / Entreprise en tant que structure apprenante / Comité de direction de l'entreprise / Clients / Actionnaires / Marchés / Autorités de régulation ?

Perspectives de modélisation : De quelle manière modéliser pour mieux servir le propos du sujet et le propos de la modélisation ? Sur quoi on met la lumière prioritairement ? Le propos du (des) sujet(s) et le propos de la représentation peuvent nécessiter d'avoir recours à de multiples perspectives de modélisation (par exemple modèles acteur/rôle, rôle/activité, objets métier, ou règles métier pour représenter un processus d'entreprise).

Formalismes de représentation : Quels artéfacts/formalismes doivent être utilisés selon la perspective choisie ?

En corollaire, il semble indispensable d'assurer la cohérence de l'ensemble de ces représentations dans un référentiel partagé pour espérer leur réutilisation, leur actualisation et leur mutualisation.

3. La flexibilité des représentations produites facilite leur évolution ; Raisonner sur des variantes supporte et guide le changement de l'entreprise dans toutes ses dimensions

Dans un environnement supposé stable, pour une dimension, un objet (la 'chose' qui nécessite une représentation), une perspective et un formalisme donnés, il existe une variabilité intrinsèque de l'objet qui est révélée par (i) le contexte d'usage ou d'application et (ii) les préférences du sujet (acteur) que l'entreprise (et son organisation mise en œuvre) a bien voulu lui octroyer.

Le propos de l'entreprise elle-même est sujet au ***changement***. L'environnement de l'organisation bouge. On n'exerce plus l'ingénierie du système d'information en considérant l'entreprise comme un bateau à quai, mais celle d'une entreprise et de son système d'information qui ont pris le large et qui subissent des tempêtes entre des périodes de navigation tranquille (qui se raréfient).

S'ajoute ainsi aux deux précédents postulats, la nécessité d'intégrer dans nos méthodes d'ingénierie une exigence de ***flexibilité*** et d'agilité des modèles (et des composants logiciels) produits. Cette exigence peut être prise en considération dans les représentations produites, en ayant recours à des techniques de variabilité, d'évolution, de migration, de transition selon le degré d'agilité souhaité. Par ailleurs, les différents modèles à faire évoluer, soit pour planifier/anticiper le changement, soit pour être de nouveau en cohérence avec un environnement qui a déjà changé, appartiennent à différentes dimensions de représentation de l'entreprise. Il est donc indispensable de ***maintenir leur cohérence*** lors de cette évolution.

"Les espèces qui survivent ne sont pas les espèces les plus fortes, ni les plus intelligentes, mais celles qui s'adaptent le mieux aux changements." [Charles Darwin]

*L'ingénierie d'entreprise et des systèmes d'information nécessite des techniques pour **observer** ; des artéfacts pour **comprendre** et avec lesquels **raisonner** ; et des démarches pour **capitaliser** de manière cohérente et durable pour **guider le changement** et pour **arbitrer** sur les **choix** d'entreprise, d'organisation et de technologies.*

1.5. Positionnement et thèmes de recherche

Le choix de forme adopté pour rédiger ce document de synthèse correspond à une structure thématique plutôt que chronologique.

La Table 1, dans la section 1.1.1 du second document, montre la liste de mes publications depuis 1988, par ordre chronologique et par thématique. Comme le montre ce tableau, mes activités autour des quatre thèmes 2, 3 et 4 se sont réalisées de manière entrelacée depuis 1996.

Les quatre thèmes majeurs qui ont structuré mes recherches depuis ma thèse de doctorat découlent des mutations multi-formes des pratiques de management, d'ingénierie et d'opération d'entreprise et des systèmes supports. Un système d'information étant construit au service d'une entreprise (et de son organisation choisie et mise en œuvre), nous devons tenir compte de ces changements, et des nouvelles exigences qui en découlent, dans les pratiques et les recherches en ingénierie des systèmes d'information.

Les quatre thèmes sont brièvement introduits dans les sous-sections suivantes. Chacun fera ensuite l'objet d'un chapitre distinct du document présent.

Par ailleurs, afin de faciliter la lecture du second document qui recueille les éléments significatifs de ma production scientifique, chaque thème se verra affecter d'un code de couleur différent dans la Table 1 (§ 1.1.1) et la Table 2 (§ 1.5) du second document (*de même que les post-it qui marqueront les séparations physiques des articles sélectionnés par thème*).

1.5.1. Travail coopératif et modélisation de workflow (thème 1)

Les groupes d'individus permettent d'accomplir des tâches irréalisables par une seule personne. C'est la base de toute forme d'organisation. L'efficacité d'une organisation dépend de l'efficacité de ses groupes de travail. On peut définir un groupe de travail comme un regroupement d'individus partageant un même but et engagés dans une communication. Les performances et l'efficacité du groupe résultent de la coopération mise en œuvre et des décisions prises par ses membres. Pour le travailleur individuel, les manières d'organiser et de contrôler de son travail s'inscrivent naturellement dans l'exercice de son métier. Or, dans une entreprise, des responsabilités variées sont réparties entre différents acteurs. Aussi grandes soient les compétences de chacun, la convergence des efforts de tous pour obtenir la qualité requise (des processus de travail et des produits résultants) nécessite coordination et méthode.

La démarche qui consiste en un remodelage complet de l'entreprise autour de ses processus est appelée "Business Process Reengineering" (BPR) par M. Hammer et J. Champy [Hammer, 1990], [Hammer et al., 1993]. Cette démarche vise la réduction des coûts internes, l'amélioration de la qualité des produits et des services, l'utilisation optimale des compétences de chacun, la réduction des délais, l'amélioration du taux de valeur ajoutée, l'accroissement de la réactivité grâce à l'écrasement des niveaux hiérarchiques. L'objectif principal du BPR est d'accroître la satisfaction du client. Or, les ***technologies de l'information et de la coopération*** sont le ***levier essentiel de la reconfiguration des processus de travail*** [Hammer et al., 1993]. Elles permettent de modifier les modes de fonctionnement en remettant en cause certaines règles établies. Ainsi, grâce aux bases de données, l'information est disponible partout où l'on en a besoin; grâce aux outils d'aide à la décision, chacun peut prendre des décisions à son niveau; grâce aux réseaux de télécommunications et aux ordinateurs portables (qui sont arrivés en moins de vingt ans jusqu'à dans nos téléphones mobiles) on peut transmettre et recevoir des informations quel que soit l'endroit où l'on se trouve…

L'arrivée d'une nouvelle technologie dans une entreprise entraîne des interrogations sur l'organisation du métier la plus adaptée à l'activité, au style et à la culture d'entreprise. Le progrès technique et l'innovation sociale sont donc étroitement liés. On a souvent associé, au début des années 90, le développement d'applications de type workflow aux objectifs portés par le BPR. Cependant, on a aussi souvent oublié que bien automatiser un 'mauvais processus' ne pouvait pas permettre à l'entreprise d'atteindre ses objectifs à long terme et que c'était l'organisation même

de l'entreprise (et les interactions entre les activités et les acteurs qui en sont responsables) qu'il fallait revisiter en premier lieu. Le BPR fut d'ailleurs promu en France sous l'appellation de "Reconfiguration des Systèmes d'Information". Lorsqu'on sait que le système d'information est souvent et injustement assimilé au système informatique, l'on comprend mieux pourquoi le changement organisationnel est resté la partie cachée de l'iceberg du BPR. Il a fallu encore plusieurs années pour que des ateliers de recherche et ensuite des conférences soient initiés autour de la thématique de BPM[2] (business process management).

Les systèmes d'information 'supports de coopération' mettent en oeuvre des technologies de workflow et plus généralement de groupware. Cependant, la plupart des méthodes de conception de systèmes d'information et de coopération au début des années 90 étaient essentiellement orientées vers l'organisation des données et l'automatisation des traitements et non vers l'analyse, la compréhension et l'organisation du travail. Il était donc nécessaire de mettre en évidence les spécificités des systèmes d'information 'supports de coopération' en vue d'en tenir compte le plus en amont possible dans leur conception [N95a], [N95b], [**N98a**], [N98b]. Mon but fut de définir d'une part une méthode d'analyse et de conception associant le workflow et les autres situations du travail coopératif, et d'autre part des modèles sous-jacents permettant de représenter les interactions entre coopérants qu'il s'agisse d'interactions synchrones ou asynchrones, formelles ou informelles.

L'**intégration** des formalismes de représentation des activités de coopération de natures variées dans un même environnement de modélisation me semble ainsi être un challenge essentiel pour permettre la mise en œuvre (l'instanciation et l'exécution) des processus coopératifs de manière "sans couture" pour les acteurs impliqués.

Ce thème est développé dans le chapitre 2.

1.5.2. Modélisation déclarative et adaptative des processus d'entreprise (thème 2)

Au début des années 90, les technologies workflow s'étaient proposées comme des outils capables d'offrir une intégration transversale des applications de l'entreprise. Ils ont permis d'intégrer ces îlots d'information et d'application de manière à fournir des solutions organisationnelles que les applications en question ne pouvaient pas fournir individuellement. Cependant, les formalismes de représentation (méta-modèles) qui ont été proposés pour la spécification des processus, sont (presque systématiquement) orientés vers les activités et leur ordonnancement. Ils ont par conséquent comme 'avantage' d'être aisément transformables en code exécutable mais comme inconvénient d'être 'prescriptifs'. Ceci a eu comme principale conséquence de figer les processus dans un environnement organisationnel qui, au contraire, nécessitait une flexibilité accrue.

Une étude publiée en 2007 par la WfMC (Workflow Management Coalition) révèle que 75% des répondants déclarent travailler au moment de l'enquête sur l'amélioration des processus existants (jusqu'à 92% pour le secteur financier), 56% sont impliqués dans la refonte d'un processus jugé essentiel pour l'entreprise, et 45% dans une modélisation de processus qui touche toute l'entreprise [Palmer, 2007]. Ces statistiques soulignent la fréquence des changements organisationnels ainsi que la nécessité et l'urgence d'offrir des approches et des mécanismes assurant (i) la flexibilité, l'évolutivité, l'adaptabilité des différentes composantes de l'entreprise, dont les processus, et (ii) la capacité de s'adapter aux changements.

Des travaux plus récents soulignent les besoins en termes de représentations *flexibles* et *adaptables* des processus d'entreprise dont l'exécution puisse évoluer selon les situations que l'on ne peut pas toujours 'prescrire' [Alonso et al., 1997], [N04a], [**N05b**]. Dans [**N06d**], nous avons défini la flexibilité d'un processus comme *la capacité de faire un compromis entre, d'une part, la satisfaction des besoins de l'entreprise lorsque des changements institutionnels, organisationnels, fonctionnels et/ou opérationnels surviennent, et d'autre part, le maintien de l'efficacité du processus*.

[2] Voir Chapitre 3

Notre expérience avec la modélisation des processus d'entreprise [**N98e**], [**N97b**], [**N98d**], [**N05a**], et la gestion du changement [N96d], **[N99d]**, [N99c], [**N03a**], de même que l'expérience développée au CRI autour de l'adaptation des systèmes d'information [Salinesi et al., 2002b], l'installation des ERP [Rolland et al., 2000], [Rolland et al., 2001], la standardisation des pratiques à travers les branches d'une compagnie [Salinesi et al., 2003], et l'intégration suite à des fusions et acquisitions [Rolland et al., 2004]) montrent que la quantité de détails à manipuler est très large et la maîtriser est particulièrement difficile. Pour contourner ces difficultés, je suggére d'adopter une perspective dirigée par les buts, et l'approche MAP (Carte) [Rolland et al., 1999], pour la **modélisation intentionnelle** des processus avant d'en donner une spécification organisationnelle et opérationnelle. Cette dernière reste nécessaire pour pouvoir définir l'usage qui sera fait du système d'information par les acteurs de l'entreprise dans l'organisation et la réalisation de leurs activités avec plus ou moins de liberté de choix. Une Carte a aussi l'aptitude à visualiser l'orchestration d'une mise en commun non figée des logiques de fonctionnement locales. Elle est de nature **déclarative** et non impérative (procédurale). Son exécution se déroule de manière dynamique selon la situation et le contexte réels.

Cette représentation intentionnelle me permet aussi de capturer la variabilité des modèles de processus à un niveau *intentionnel et décisionnel* avant de zoomer sur les spécifications et les variantes au niveau organisationnel et opérationnel. L'avantage majeur de capturer les familles de processus à un haut niveau d'abstraction est de faciliter la mise en œuvre de modèles spécifiques dans des filiales ou entreprises différentes mais qui partagent les objectifs et les manières de faire appartenant à un cadrage stratégique commun. Ce travail a fait l'objet de nombreuses publications [N04a], [**N05a**], [**N05b**], [**N10a**].

La majorité des formalismes de représentation de processus offerts par la littérature, sont dirigées par une perspective fonctionnelle. Ceci a comme principale conséquence de figer ces processus dès la fin de leur modélisation. Or, les processus d'entreprise, qui sous tendent les processus d'usage du système d'information, sont soumis à des facteurs de contingence dans leurs réalisations. On peut traiter ce problème en utilisant deux mécanismes complémentaires : **variabilité** et **conscience du contexte**. Des travaux récents soulignent les besoins en termes de représentations flexibles, adaptables, et évolutives que nous regroupons sous l'intitulé de *variabilité* des processus [**N08c**]. Pour satisfaire ce besoin (ne serait ce que partiellement) à un niveau organisationnel et opérationnel, nous avons besoin de modèles plus concis. Pour ce faire, nous nous sommes inspirés des modèles "acteurs/rôles" de EKD-CMM et du standard RBAC (Role Based Access Control) [N06c]. Nous cherchons ainsi à développer une méthode d'ingénierie des processus d'entreprise dirigée par les 'rôles', qui vise à enrichir les démarches de modélisation dirigées par les activités et à compléter celles dirigées par les objectifs [**N06d**], [N07c], [**N07f**]. *La variabilité des processus et la conscience du contexte font l'objet de la thèse de doctorat de Oumaima Saidani* [**N06d**], [N07c], [**N07f**], [N08d], [N09c], [N09g].

L'objectif de la recherche autour de la **dynamicité** (**configurabilité** pendant l'exécution) est d'être capable, dans les entreprises du secteur tertiaire, d'assurer une obligation de résultat (par exemple sur des délais garantis) à partir d'une demande de travail variable et des ressources que l'on peut considérer comme invariables sur la période de variation de la charge entrante. Pour cela, il est envisagé de (i) définir les artéfacts requis pour représenter le lissage dynamique du travail dans la modélisation et l'exécution des processus d'entreprise et par conséquent, dans la représentation de l'usage qui sera fait des systèmes informatiques supportant les activités; (ii) déterminer le paradigme d'exécution qui rendrait possible cette gestion dynamique "autour de l'acteur" et (iii) définir un moteur d'exécution qui sache gérer la dynamicité de l'allocation des ressources [**N09d**], [N10j], **[N12g]**. L'articulation des processus au sein d'un réseau de processus et la **configurabilité** de l'allocation des ressources pendant l'exécution font aussi l'objet de notre étude [N12c], [N12f], **[N12g]**, [N12h]. *La dynamicité et le lissage de la charge de travail des acteurs en vue d'assurer la performance d'un réseau de processus d'entreprise font l'objet de la thèse de doctorat de Kahina Bessai* [N08h], [**N09d**], [N10j], [N12c], [N12f], [N12g], [N12h].

Cette aptitude à la flexibilité nécessite que les environnements de modélisation et d'exécution des processus d'entreprise sachent intégrer la *conscience (awareness)* de l'environnement externe des processus en vue de *guider les décisions*. Il s'agit de définir, dès la phase de modélisation, les caractéristiques liées au contexte à prendre en considération. Nous proposons une formalisation de la notion de **contexte** qui soit appropriée au domaine de BPM [**N07f**], [N09c]. Nous prenons en considération plusieurs aspects de nature contextuelle qui peuvent caractériser non seulement un processus métier, mais aussi, les acteurs du processus et l'environnement dans lequel il s'exécute. Nous formalisons les concepts caractérisant l'information contextuelle à travers un modèle de contexte générique et extensible qui peut être intégré à d'autres approches de modélisation de contexte et qui peut également être adapté selon le domaine métier.

Ce thème est développé dans le chapitre 3.

1.5.3. Des processus métier à la modélisation d'entreprise (thème 3)

L'ingénierie d'entreprise et des systèmes d'information nécessite la modélisation de l'entreprise. Or, la modélisation d'un système sociotechnique, qui est un système complexe et vivant, ne peut se contenter d'un modèle unique et universel. Le système d'entreprise comporte de multiples facettes qui nécessitent des angles de vue et des formalismes variés pour les capturer. Je propose de *modéliser les dimensions et perspectives multiples* des entreprises avec comme finalité de construire des systèmes d'information aptes à évoluer en phase avec les finalités des métiers qu'ils supportent.

Le propos d'un système d'information est d'aider l'entreprise à atteindre ses objectifs. Le système d'information doit donc être 'en ligne', en adéquation, en cohérence avec le métier qu'il contribue à rendre plus efficace et plus efficient. La question de l'alignement du système d'information au modèle métier de l'entreprise qu'il sert est donc au cœur de l'ingénierie des systèmes d'information.

De nombreux travaux se sont attachés à comprendre et à exploiter les relations, *d'une part*, entre les systèmes à construire et les processus d'entreprise que ces derniers vont faciliter, guider, voire entièrement automatiser, et *d'autre part*, entre les processus de travail qui sont mis en œuvre dans une entreprise et les objectifs de cette entreprise. Les *premiers* travaux sont plus connus dans le domaine de l'analyse et la conception des systèmes d'information même si la notion de processus a été longtemps occultée par celle de fonction. La modélisation par les processus d'entreprise, presque incontournable aujourd'hui lorsqu'on veut concevoir et développer un système d'information afin de rendre l'entreprise plus compétitive, plus réactive, plus orientée client, est particulièrement en vogue depuis que Hammer [Hammer, 1990] a défendu que c'étaient ces processus qu'il fallait reconfigurer afin d'améliorer globalement et radicalement l'entreprise. Les *seconds* qui cherchent à spécifier les liens entre les objectifs de l'entreprise et les processus mis en œuvre sont plus récents. Dans l'analyse et la compréhension d'une entreprise, qui se veulent dirigées par les objectifs, et pour toutes les formes d'entreprise communicantes et ouvertes qui adoptent des modes de gestion particulièrement évolutifs, la planification stratégique des systèmes d'information doit conduire à des architectures orientées services, aptes à évoluer en phase avec les stratégies des entreprises qu'ils supportent.

De nombreux travaux de recherche proposent des cadres de travail offrant une structuration en niveaux (ou en couches) de l'entreprise. Ces cadres visent à fournir la capacité de comprendre le fonctionnement de l'entreprise, et de gérer l'architecture d'entreprise sur plusieurs niveaux (dont le nombre varie selon les auteurs). Le(s) niveau(x) supérieur(s) correspond(ent), de manière consensuelle, à une vision de l'ingénierie d'entreprise (objectifs, rationalité, processus, acteurs etc..), l'un des niveaux intermédiaires correspond à la définition (et à la mise en œuvre) de la coordination des applications (pouvant correspondre à une technologie de workflow) et le niveau inférieur est celui de la définition et de l'implémentation des applications informatiques nouvelles ou héritées. Quelques exemples de ces cadres de travail sont ARIS House of Business Engineering [Scheer et al., 2000], Integrated Enterprise Framework [Papazoglou et al., 2000] le modèle d'urbanisation de Longépé repris par le CIGREF [Longépé, 2009], EKD-CMM [**N02b**], [**N04b**].

Les résultats acquis au CRI, entre 1997 et 2004, ont été précurseurs dans les domaines de modélisation et d'architecture d'entreprise et de modélisation du changement. La méthode EKD-CMM offre :

(i) un cadre de modélisation des connaissances d'entreprise comportant un ensemble de modèles organisés en trois dimensions (objectifs, organisation des processus, et système d'information) et explicitant les relations entre les concepts du métier et ceux du système d'information; cette capacité de **représentation multi-dimensions** est renforcée par une **modélisation multi-perspectives** des processus d'entreprise qui vise à faciliter la validation des modèles selon *différents points de vue d'acteurs* et la vérification de la **cohérence** inter-modèles ;

(ii) un modèle de processus d'ingénierie qui supporte la définition des scenarii de **changement** organisationnel.

Ce travail de recherche a été initié et réalisé dans le cadre d'un projet européen ESPRIT (ELEKTRA) et a été concrétisé par la thèse de doctorat de Judith Barrios [Barrios, 2001]. La méthode a été utilisée dans plusieurs projets industriels à l'échelle internationale. *De nombreuses publications attestent ces résultats* [N99b], [N99c], **[N99d**], [**N02b**], [N02c], [N02d], [**N03a**].

Nous noterons que le processus de modélisation de la connaissance d'entreprise est par définition *coopératif et participatif*. Il promeut la coproduction des modèles d'entreprise par l'application d'un mécanisme de *raisonnement orienté décision* [N97a], **[N98e]**, **[N99a]**, **[N00b]**.

Dans [N04a] et **[N05b]**, j'ai défini un méta-modèle pour la représentation de l'entreprise sur ses trois dimensions (stratégie, organisation du métier, système d'information). La méthode EKD-CMM a été étendue pour traiter aussi de la dimension système d'information [N03b] et **[N04b]**.

Le maintien de la cohérence inter-modèles doit se faire dans un contexte d'évolution touchant l'entreprise dans l'une ou plusieurs de ses dimensions, on parle alors de ***co-évolution***. Le challenge est de répondre aux exigences d'évolution fréquente que subissent les entreprises modernes pour réagir et s'adapter, voire anticiper, afin de mieux répondre à la complexité croissante de leur environnement. La littérature tend vers le constat que le **changement** ne peut être mis en œuvre sans être conduit de manière incrémentale et structurée. La nécessité de faire évoluer les comportements des individus et des groupes pour l'adoption de nouvelles pratiques, à la fois métier et d'usage des technologies et de nouveaux systèmes, est communément admise [Scarbrough et al., 2001].

Plus récemment, nos travaux sur l'alignement se sont articulés autour de la recherche d'une démarche plus globale d'alignement de la stratégie d'une entreprise à son système d'information, en prenant comme pivot (au sens Strategic Alignement Model – SAM, [Henderson et al., 1992]) les processus d'entreprise. Les directives méthodologiques fournies par EKD-CMM permettent de définir les scénarii alternatifs de changement à un niveau intentionnel. Il restait alors à décider des évolutions sur les processus d'entreprise et sur les systèmes d'information en envisageant, de manière argumentée, les alternatives organisationnelles et technologiques. La méthode DEEVA (DEsign and EVolution of Alignment) offre ce guidage méthodologique pour (i) représenter l'alignement entre les dimensions métier et le système d'information et (ii) faire co-évoluer cet alignement dans le temps. *Ces travaux et la méthode DEEVA ont fait l'objet de la thèse de doctorat d'Islem Gmati* [Gmati, 2011], [N10e], [N10m], **[N08e]**, [N07d], [N07h], [N10f].

Dans ce contexte changeant, ***la* capitalisation** et ***le* partage *de la connaissance*** relative à l'entreprise me semblent essentiels. Une compréhension globale mais néanmoins précise de la situation actuelle est indispensable avant de démarrer tout processus d'ingénierie d'entreprise et des systèmes d'information. La preuve en est que toutes les méthodes d'analyse et de conception des systèmes d'information offrent une première phase dite "étude de l'existant". La capitalisation et la documentation des modèles d'entreprise me semblent être l'un des piliers de la réussite des projets d'ingénierie et d'évolution des systèmes d'information [N10e]. Dans mes recherches, je me

suis intéressée à la capitalisation de la connaissance *explicite* (explicitable ou explicitée) de l'entreprise. La connaissance organisationnelle étant un construit social, les chercheurs en management des connaissances semblent arriver à un accord indiquant qu'elle est "formée" par les interactions entre les éléments technologiques et sociaux de l'entreprise. Pour que le transfert de la connaissance explicite soit un succès, elle doit être augmentée (mise en valeur) par le composant tacite, et pour que le transfert de la connaissance tacite soit un succès, elle doit être complétée par un support explicite [Fink et al, 2007], [Nonaka et al, 2009].

Dans [**N98f**], [N98g], [N98j], nous avons proposé l'utilisation du concept de patron, d'une part pour permettre la gestion de la connaissance relative (i) au domaine métier de l'industrie de l'électricité, et (ii) à la prise en compte du changement organisationnel dans ce secteur, et d'autre part pour faciliter la dissémination des expériences acquises dans des situations similaires. Ainsi, les patrons sont des propositions de modèles d'entreprise réutilisables dans différentes filiales, groupes ou entreprises.

Ce thème est développé dans le chapitre 4.

1.5.4. Vers la gouvernance du système d'information (thème 4)

La gouvernance d'entreprise est un mécanisme de régulation permettant de s'assurer que la stratégie de l'entreprise est effectivement mise en œuvre sur le terrain par les processus organisés (qui fait quoi, quand et où) et par l'organisation des processus (comment le réseau de processus est articulé). Elle est de plus en plus perçue comme un mécanisme permettant de mettre en place une série de processus susceptibles de maintenir l'entreprise stable, de responsabiliser l'ensemble des acteurs et de faire en sorte que tous les acteurs s'approprient les processus, en totale transparence, avec une politique de communication bien identifiée, et des rôles clairement définis.

La gouvernance du système d'information fait partie intégrante de la gouvernance d'entreprise. Elle correspond à la mise en place des moyens par lesquels les parties prenantes peuvent s'assurer de la prise en compte de leurs préoccupations dans le fonctionnement du système d'information. ***La gouvernance du système d'information vise ainsi à définir les objectifs assignés au système d'information, à planifier, définir et mettre en œuvre les processus liés à la gestion du cycle de vie du système d'information.*** Elle repose sur le contrôle et la mesure de la performance des processus d'ingénierie et de management du système d'information au regard des objectifs qui sous-tendent l'usage qui est/sera fait du système d'information.

Les objectifs de la gouvernance du système d'information consistent principalement à aligner les services offerts par le système d'information avec les objectifs métiers, de protéger et d'assurer la sécurité de l'information de l'entreprise dans un contexte en mouvement. Les incertitudes sur le système d'information et les objectifs qui lui sont assignés font l'objet d'une gestion des risques qui anticipe les situations néfastes pour le système d'information et qui contourne les obstacles à l'accomplissement des objectifs de ses usagers. Ainsi, le sujet de la gouvernance du système d'information revêt un intérêt capital pour les directeurs de système d'information mais aussi pour les dirigeants d'entreprise qui ont de plus en plus le souhait et l'exigence d'utiliser les systèmes d'information comme un avantage concurrentiel.

En 2009, le Gartner Group publie les résultats d'une enquête [Gartner, 2009b] sur les priorités stratégiques des Directions de Système d'Information en France : "Améliorer la gouvernance IT" est un objectif stratégique qui arrive en 5ème position. En 2010, cet objectif n'est plus cité, mais une enquête plus récente [Gartner, 2010] montre que l'une des dix priorités technologiques des Directions de Système d'Information est d'assurer le support aux activités de management des systèmes d'information.

Les problèmes en matière de gouvernance des systèmes d'information, principalement traités dans les revues de management, ont donné lieu à la création de cadres de bonnes pratiques tels que COBIT (Control OBjectives for Information and related Technology) [Brand et al., 2008], [Moisand, 2009] de l'ISACA (Information Systems Audit and Control Association) ou ITIL (Information Technology Infrastructure Library) [Chamfrault, 2006], [Noirault, 2008]. Les

éléments de gouvernance font aussi l'objet de publications de normes telles que la série ISO 27000 [Carpentier, 2009] qui traite de la sécurité et de la gestion des risques. Ces cadres et normes s'avèrent utiles pour orienter les décisions des managers sur les processus clés d'ingénierie et de management des systèmes d'information. Cependant, ils ne répondent pas aux besoins de (i) compréhension du concept de Gouvernance des Systèmes d'Information (GSI), et de (ii) capitalisation des bonnes pratiques (leur application sur un projet donné reste purement ad hoc) pour envisager un support systématique et guidé des activités de gouvernance.

La gouvernance des systèmes d'information (GSI), comme concept méritant une étude scientifique, est peu considérée en recherche. Quelques travaux existent dans le domaine du management des systèmes d'information [Weill et al., 2004]. Comme d'autres travaux de ce domaine, Weill et Ross s'intéressent à l'évaluation d'un système d'information *déployé et en usage* en entreprise (vu comme une boîte noire) sans faire de préconisations concrètes capitalisables et réutilisables par des ingénieurs des systèmes d'information '*pour mieux construire à l'avenir*'.

Pourtant, le sujet est essentiel pour l'ingénierie des systèmes d'information. Sa maîtrise permettrait aux Directions de Système d'Information de gagner en efficacité et en efficience pour devenir un vrai centre de valeur. Rappelons que les systèmes d'information perméables aux falsifications de l'information ont permis un usage frauduleux qui fut à l'origine des scandales comme Enron ou WorldCom.

Malgré leurs limitations citées, les cadres de bonnes pratiques nous permettent d'observer que les praticiens de la gouvernance des systèmes d'information cherchent des représentations concrètes de l'entreprise et du système d'information sur lesquelles mener leurs réflexions concernant la gouvernance. Cependant, ***bien que l'objet 'système d'information' soit formalisé, représenté et implémenté depuis plus de 40 ans*** *(au sens étroit d'abord et au sens large incluant les modèles d'entreprise plus récemment),* ***les mécanismes qui visent à évaluer ses performances en vue de guider ses orientations futures restent encore informels et ad hoc à ce jour***.

La gouvernance du système d'information orchestre et dirige les évolutions du système souhaitées par la maîtrise d'ouvrage. Le ***portefeuille de projets*** est son instrument privilégié dont la mise en œuvre va progressivement ***transformer le système d'information*** en usage. Ainsi les orientations stratégiques et les objectifs qui sont assignés au système d'information seront progressivement atteints par la réalisation de projets de développement de système d'information.

La gouvernance du système d'information fait partie de la gouvernance d'entreprise. En tant que chercheur en systèmes d'information, il m'est paru naturel de m'intéresser en premier lieu à cette composante de la gouvernance d'entreprise avec l'objectif de ***construire un système d'information pour la gouvernance du système d'information***. *Ce travail a fait l'objet de la thèse de doctorat de Bruno Claudepierre* [Claudepierre, 2010], **[N09h]**, **[N08e]**, [N07e], [N07i].

Un survol de la littérature, dans la section 3.2.1, me permettra de rappeler que les premières tentatives de modélisation des processus dans notre discipline ont aussi vu le jour dans le domaine des processus de développement de systèmes d'information, processus cœur de métier pour le secteur de l'informatique. Il n'était donc pas étonnant de vouloir faire mes premières armes dans la gouvernance de ce même 'objet SI' avant d'appliquer les leçons tirées aux autres fonctions de gestion et aux processus métier de l'entreprise. Mon objectif et ma perspective de recherche sont de proposer des artéfacts et des démarches méthodologiques pour l'ingénierie des systèmes d'information supportant toutes les activités de l'entreprise y compris celles de son management et de sa gouvernance.

Ce thème est développé dans le chapitre 5.

1.6. Organisation du document

La suite de ce document comporte quatre chapitres dans lesquels seront développés mes travaux de recherche relatifs aux quatre thèmes introduits.

Pour conclure ce chapitre introductif, je souhaite très brièvement situer ces quatre thèmes de recherche par rapport aux trois postulats listés à la section 1.4. Mon objectif n'est nullement d'en faire un cadre de travail qui sera le socle et la structure du reste de ce document. Je souhaite simplement exhiber les niveaux de complétude de mes travaux et thèmes de recherche quant aux exigences que nous devons avoir vis à vis des méthodes d'Ingénierie d'Entreprise et des Systèmes d'Information.

Les quatre thèmes intègrent tous la nécessité de la *représentation*. En revanche, c'est seulement en abordant et en appréhendant l'entreprise dans sa complexité et dans la totalité de ses dimensions (thèmes 3 et 4) que mes trois postulats coexistent et sont confirmés par l'état de l'art :

- ***Représenter**, c'est utile pour **comprendre** et pour avoir l'assurance de partager la même compréhension ; c'est aussi un pré-requis pour pouvoir raisonner sur une réalité complexe par l'intermédiaire des modèles ;*
- ***Capitaliser les représentations** nécessite de pouvoir en assurer le **partage**, la **fraicheur** et la **cohérence** ;*
- *La **flexibilité des représentations** produites facilite leur **évolution** ; **Raisonner sur des variantes** supporte et guide le **changement** (et les **choix de design**) de l'entreprise dans toutes ses dimensions ;*
- *Et l'ensemble articulé permet de tendre vers l'objectif ultime de l'ingénieur et du chercheur en systèmes d'information : **l'élasticité des modèles** qui fait de ces **représentations** des valeurs **capitalisables**, **durables** et **interopérables**.*

	Travail coopératif et modélisation de workflow (th1)	**Modélisation déclarative et adaptative des processus d'entreprise (th 2)**	**Des processus métier à la modélisation d'entreprise (th 3)**	**Vers la gouvernance du système d'information (th 4)**
Raisonner sur les variantes ; sur le changement; Supporter les arbitrages (entreprise, organisation ou technologies)		X	X	X
Engranger, capitaliser, partager, assurer la cohérence			X	X
Représenter, visualiser, comprendre	X	X	X	X

Chapitre 2.

Travail coopératif et Modélisation de Workflow

2. Travail coopératif et modélisation de workflow

Les technologies de l'information et de la coopération sont le levier essentiel de la reconfiguration des processus de travail [Hammer et al., 1993]. Elles permettent de modifier les modes de fonctionnement en remettant en cause les règles établies.

Les systèmes d'information supports de coopération mettent en œuvre des technologies de workflow et plus généralement de groupware. Le système d'information est ainsi le lieu même où s'élabore la coordination des actes et des informations sans laquelle une entreprise, dans sa diversité de métiers et de compétences, ne peut exister que dans la médiocrité. La compréhension des exigences de coopération dans toutes ses dimensions (communication, coordination, collaboration) et le support que l'informatique peut et doit y apporter deviennent indubitablement un sujet digne d'intérêt pour les recherches en systèmes d'information.

La mise en évidence des spécificités des systèmes d'information supports de coopération, en vue d'en tenir compte le plus en amont possible dans leur conception [N95a], [N95b], [**N98a**], [N98b] est donc une nécessité. Dans ce contexte, mon but a été de définir, d'une part une méthode d'analyse et de conception associant le workflow et les autres situations de travail coopératif, et d'autre part des modèles sous-jacents permettant de représenter les interactions entre coopérants.

Au début des années 90, les technologies workflow s'étaient proposées comme des outils capables d'offrir une intégration transversale des applications de l'entreprise. Ils ont permis d'intégrer ces îlots d'information et d'application de manière à fournir des solutions organisationnelles que les applications concernées ne pouvaient pas fournir individuellement. Un processus est un ensemble d'activités qui, à partir d'une ou plusieurs entrées, produit un résultat représentant une valeur pour un client interne ou externe [Hammer et al., 1993]**.** Les logiciels de workflow (gestion électronique de processus) permettent d'automatiser la gestion des flux d'information suivant les spécifications d'un processus donné. Une application workflow présente à l'utilisateur les informations nécessaires pour effectuer sa tâche, avant que le processus ne suive son cours vers l'étape suivante selon un circuit conditionnel bien défini. Chaque acteur du circuit réalise ainsi sa tâche sans avoir besoin de se préoccuper de ce qui a été fait avant et de ce qui devrait être fait après. Il garde cependant la visibilité sur la totalité de l'instance de processus au sein de laquelle il est intervenu. Parmi les définitions orientées "offre logicielle", celle de S. Soubbaramayer [Soubbaramayer, 1994] nous semblait la plus complète au moment de la réalisation des travaux

de ce thème: *"ensemble de logiciels pro-actifs qui permettent de gérer les procédures de travail, de coordonner les charges et les ressources et de superviser le déroulement des tâches".* Le terme "pro-actif" caractérise parfaitement les logiciels de workflow. Il signifie que ce n'est pas l'utilisateur qui invoque le logiciel mais l'inverse. C'est donc le système qui orchestre la coordination des acteurs, (certes, selon une partition toute écrite). Les possibilités offertes par ces logiciels sont principalement de trois ordres : (i) un guidage rigoureux des procédures ; (ii) un contrôle du flux de travail ; et (iii) un maximum d'automatisation.

Cependant, pour la représentation des processus coopératifs, il n'est pas toujours judicieux de se cantonner à l'usage unique des formalismes offerts par les Systèmes de Gestion de Workflow (SGWF) ou Workflow Management Systems (WFMS). Les processus coopératifs intègrent des fragments de nature procédurale (flux ordonné d'activités) mais comportent aussi des niches non procédurales qui correspondent souvent à des activités de prise de décision collective. Il est donc nécessaire d'**intégrer** les formalismes de représentation de telles activités dans un même environnement de modélisation et de rendre possible l'exécution de processus coopératifs ayant recours à des logiciels de groupe (groupware) de natures variées (pour assurer l'interopérabilité et le passage de tickets entre ces logiciels).

2.1. Constats et motivations : vers une nouvelle organisation co-opérante

L'efficacité d'une entreprise dépend de l'efficacité de ses groupes de travail. C'est cette efficacité qui conduit l'entreprise à des niveaux de qualité et de maturité jugés satisfaisants (ou pas) selon les exigences de son secteur d'activité.

Les enjeux économiques et commerciaux liés à la qualité sont particulièrement importants et il existe une corrélation forte entre les résultats de la qualité et les résultats financiers d'une entreprise [Grauvogel, 1989]. Les pertes annuelles des entreprises françaises dues à la "non qualité" étaient estimées officiellement à près de 10% de leur chiffre d'affaires global en 1992, soit environ 400 milliards de francs. Ce chiffre représentait un tiers du budget annuel de l'état. En outre, ces coûts ne prennent le plus souvent en compte que ce qui est mesuré ou estimé, ce qui correspond au coûts "traditionnels" de non-qualité, et pratiquement jamais les coûts cachés, liés à des erreurs administratives, des circuits mal étudiés, des pertes de temps et des retards. On doit à Feigenbaum [Feigenbaum, 1984] l'image de l' "usine cachée" qui consacre son activité à "produire" des défauts et à exercer des actions correctives.

Cependant l'aspect économique n'est pas le seul à prendre en compte dans une démarche qualité. A l'intérieur de l'entreprise, tout individu doit se soucier de ce qui lui est fourni pour bien accomplir sa mission et vérifier qu'il/elle fournit un produit ou service conforme aux objectifs. De plus, un produit ou un service de qualité qui satisfait le client résiste mieux à la concurrence, permet d'assurer la croissance de l'entreprise et, dans des périodes plus difficiles, de la maintenir à flot.

Le principe du "management scientifique" fondé par F.W. Taylor (1911) visait l'utilisation d'une main d'œuvre peu qualifiée grâce à une parcellisation des tâches. L'organisation résultante aboutissait à une division verticale du travail basée sur des structures fonctionnelles à l'intérieur d'un réseau hiérarchique parfois complexe. Jusqu'au milieu de années 70, l'organisation des entreprises était restée essentiellement orientée production. Depuis, l'objectif a dévié vers "produire efficacement pour mieux vendre". La production ne doit plus servir à augmenter les stocks, d'où l'avènement des techniques de management comme "Just in Time Business" qui requièrent que l'organisation puisse accélérer ses prises de décision grâce à des structures moins hiérarchiques. L'organisation horizontale, qui a été promue au début des années 90, correspond ainsi à un tassement des structures hiérarchiques [Sun, 1994]. Elle privilégie la communication et la capacité à réagir immédiatement devant les changements permanents de l'environnement. Structurellement, cette organisation est basée sur les processus correspondant à des "équipes de projet" qui peuvent évoluer au fil du temps à l'opposé de l'organisation verticale basée sur des fonctions figées.

Coordination et structuration des (inter-) actions organisationnelles

Argyris et Schon nous rappellent que "*il doit y avoir des représentations publiques de la théorie de l'action organisationnelle à laquelle les individus puissent se référer*" [Argyris et al., 1978]. Un groupe dont les membres sont capables d'anticiper les réactions possibles des autres membres perd moins de temps (questionnement divers, vérifications, …). Sans cette "compréhension collective", la coordination devient "time consuming" [Malone et. al, 1994], [King et al., 1999]. Porter notre attention sur la coordination de l'action (des actions) organisationnelle(s) nous incite à étudier plus avant le rôle que le système d'information peut jouer dans cette coordination et dans la structuration des actions organisationnelles.

L'expérience disponible autour de l'activité de modélisation nous incite à comprendre l'intelligence et la cognition, individuelle et collective, comme et par des réseaux complexes de traitements de symboles. Cette interrogation met l'accent sur l'importance potentielle des technologies de l'information dans la création de conditions favorables au développement de comportements organisationnels intelligents.

Selon Lévy, "*le rôle de l'informatique et des techniques de communication à support numérique […] est de favoriser la construction de collectifs intelligents où les potentialités sociales et cognitives de chacun pourront se développer et s'amplifier mutuellement*" [Lévy, 1990b]. E. Hutchins [Hutchins, 1991] nous montre que ces technologies qui permettent de développer et de diffuser largement de nouvelles représentations, structurent les comportements et modifient les conditions d'interaction et de coordination entre les individus ; elles génèrent aussi des phénomènes de structuration, coordination, interaction qu'il propose d'appeler l'écologie cognitive. Hutchins propose de ne voir dans la technologie qu'un moyen, qui offre des possibilités nouvelles que s'approprient les individus. L'évolution de la structure organisationnelle vient selon lui d'une innovation sociale, rendue possible par le progrès technologique, plus que par le progrès technologique lui même. On retrouve ce concept de "l'écologie cognitive" développé aussi par G. Bateson (1972-80) (ecology of mind), ou encore Lévy [Lévy, 1990a].

L'activité des managers peut ainsi être vue comme une activité instrumentée[3] de conception collective de représentations. Ces instruments, au-delà de leur fonction d'amplificateurs cognitifs (calcul, mémorisation, etc.), ont un rôle *d'inter-acteurs*. *Inter-acteurs* au sens où ils constituent *un lien entre les acteurs* : en créant de nouveaux outils nous créons de nouvelles interactions entre les acteurs [Winograd et al., 1986]. *Inter-acteurs* au sens où ils participent activement à la construction et à l'évolution des modèles individuels et collectifs, à la "*co-construction*" [Avenier, 1995] et à la "*co-évolution*" d'un espace cognitif collectif, et permettent le développement de nouveaux modes de représentation, élargissant ainsi le "champs des possibles" tout en signalant des contraintes à respecter. De même, Malone et Crowston ont mis en avant le fait que la coordination organisationnelle dépend des processus de prise de décision, de communication et de perception d'objets partagés [Malone et. al, 1994].

2.2. Etat de l'art

2.2.1. Travail coopératif, CSCW, groupware, workflow

Le travail coopératif, dans sa définition la plus large, fait l'objet d'un champ d'étude pluridisciplinaire appelé Computer Supported Cooperative Work (CSCW) littéralement "Travail Coopératif Supporté par Ordinateur". En 1978, Peter et Trudy Johnson-Lentz ont défini le groupware comme un "processus intentionnel de travail en groupe et le logiciel nécessaire pour

[3] A. Hatchuel (1996, p. 102), met l'accent sur le fait que « *dès qu'un minimum de complexité est atteint, la coopération nécessite des instruments de coordination acceptables par les acteurs (…) Les supports instrumentaux n'évitent pas aux acteurs la tâche de s'accorder tant sur les connaissances qu'ils détiennent que sur le choix ou l'impact de leurs actions (…) Les appareils gestionnaires (hiérarchies, contrôles, fonctions) visent à orienter les processus coopératifs mais ils contribuent aussi bien à les restreindre* ».

assister celui-ci". Cette définition présente clairement la finalité du groupware : un système informatique facilitant le travail de groupe. La définition de C.A. Ellis est encore plus précise ; elle souligne que le travail de groupe implique activités (ou objectifs) communs et environnement partagé. Selon C.A. Ellis, le groupware est un "*computer-based system that supports groups of people engaged in a common task (or goal) and that provide an interface to a shared environment* [Ellis et al. 1991].

La discipline CSCW étudie les mécanismes individuels et collectifs du travail de groupe et recherche comment les technologies de l'information et de la communication peuvent faciliter ce travail. C'est en s'alignant avec cette compréhension que AFCET avait adopté les définitions suivantes [Afcet, 1994] :

- *"La collectique (ou CSCW) regroupe l'ensemble des techniques et des méthodes qui contribuent à la réalisation d'un objectif commun à plusieurs acteurs, séparés ou réunis par le temps et par l'espace, à l'aide de tout dispositif interactif faisant appel à l'informatique, aux télécommunications et aux méthodes de conduite de groupes"*

- *"Les collecticiels (ou Groupware) sont les logiciels sur lesquels s'appuie la mise en œuvre de la collectique".*

La traduction officielle de groupware est "synergiciel" ou "logiciel de groupe" [Jof, 1993].

Le travail coopératif assisté par ordinateur apparaît comme étant un domaine vaste qu'il convient de clarifier [Karsenty, 1994]. Le diviser en sous-domaines est une manière élégante pour l'aborder. La classification la plus connue est la matrice "Espace / Temps" de Johansen [Johansen, 1988], [Johansen et al., 1991] (cf. figure 1), qui permet une catégorisation des modes de coopération (et des logiciels de groupe par la même occasion) en interactions synchrones et asynchrones (dimension temps) et en interactions locales et distribuées (dimension espace). L'objectif du workflow étant d'augmenter l'efficacité d'un groupe de personnes travaillant ensemble dans un but commun, rien ne nous empêche de le classer dans la partie asynchrone distribuée au même titre que le courrier électronique. Cette position peut être une simplification pour une classification 'gros grain' (cf. Figure 2), cependant elle souffre de certaines limitations.

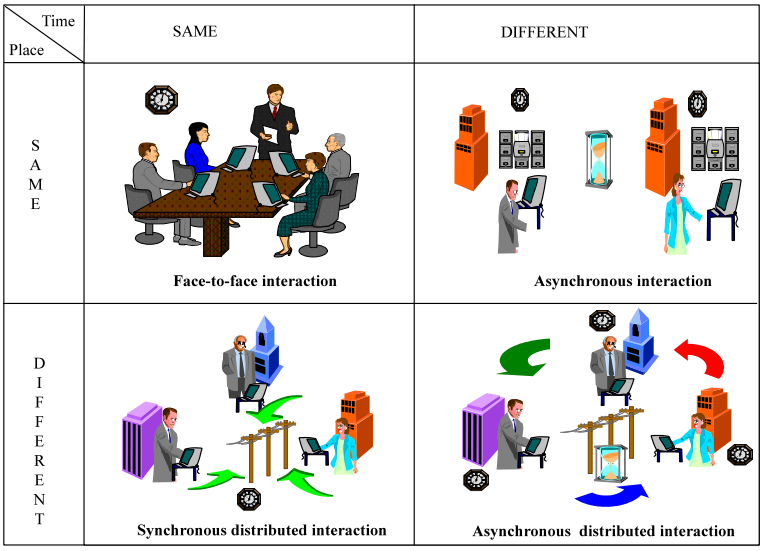

Figure 1 - *Matrice Espace/Temps de Johansen*

Selon J. Grudin, "*An e-mail system supporting discrete point-to-point communication is very different in nature from a work management system designed to support a large project over a period of years*". Ainsi la matrice 3x3 de J. Grudin [Grudin, 1994a] intègre une nouvelle notion : la *prévisibilité de la différence*. Elle permet de faire ressortir si les lieux et/ou les moments différents d'une activité (autrement dit, cela concerne les cellules 2, 3 et 4 de la matrice de Johansen dans le sens des aiguilles d'une montre) sont prévisibles ou pas (cf. figure 3).

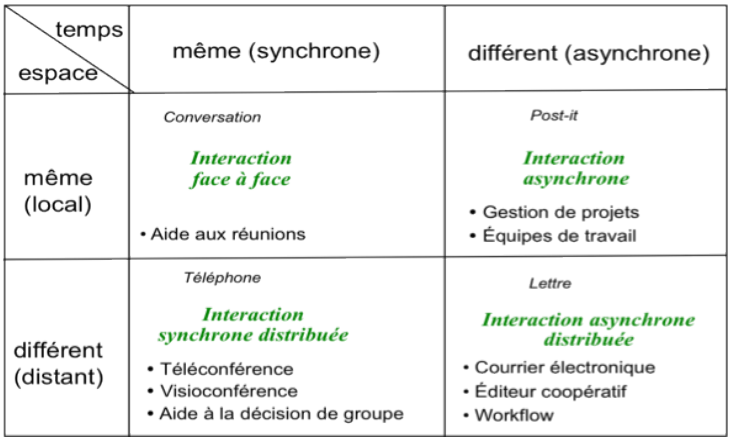

Figure 2 – *Exemples de groupware selon la matrice Espace/Temps de Johansen*

Au début des années 90, l'automatisation et la simplification des processus de travail étaient largement acceptées comme essentielles pour réussir dans l'environnement concurrentiel où les mots d'ordre étaient productivité et qualité [Kurzynski, 1987], [Agostini et al., 1993], [Swenson, 1993]. La gestion automatique du flux de travail (workflow) trouvait donc peu à peu sa place dans les mentalités, mais aussi dans l'offre logicielle, grâce à l'essor des technologies comme les réseaux, les messageries et les architectures client-serveur. Le workflow se concentrait principalement sur le contrôle du flux de travail entre plusieurs objets dans des bureaux dits "intelligents" ; ces objets pouvant être des acteurs humains ou des agents (serveurs de bases de données, applications logicielles, etc…) [Khoshafian et al., 1992]. Des grands bureaux peuvent être comparés à un atelier de fabrication où des piles de dossiers sont physiquement transportées d'un poste à un autre. Le workflow était donc au travail administratif ce que les transbordeurs ont été au processus de fabrication industrielle.

		TIME		
		same	*different/predictable*	*different/unpredictable*
PLACE	*same*	meeting facilitation	work shifts	team rooms
	different/predictable	desktop conferencing	electronic mail	collaborative writing
	different/unpredictable	broadcast seminars	computer conferences	work management

Figure 3 - *Classification des groupware par Grudin dans sa matrice 3x3*

Il nous a semblé important de convenir d'une définition précise du terme workflow en le situant par rapport aux autres concepts essentiels du travail de groupe que sont le groupware et le CSCW. D'après les définitions données dans la littérature, la gestion du flux de travail fait partie des nombreuses situations de travail de groupe pouvant être assistées par ordinateur [Ellis et al., 1991]. Rien n'empêchait a priori de le classer dans la partie asynchrone distribuée au même titre que le courrier électronique (avec l'insuffisance citée plus haut à laquelle la classification 3x3 de Grudin a apporté une réponse). Il n'en reste pas moins que, dans beaucoup d'esprits, les applications groupware cherchaient à faciliter les interactions informelles à l'intérieur d'un groupe alors que les applications workflow cherchaient à automatiser des politiques et des procédures formelles. Nous avons jugé plus utile de nous concentrer sur leurs objectifs qui restent identiques, à savoir augmenter l'efficacité d'un groupe de personnes travaillant ensemble dans un but commun. Dans le cas du workflow, le terme travail coopératif signifie que plusieurs personnes sont impliquées pour atteindre l'objectif global, mais à des étapes différentes du déroulement du travail et cela individuellement à partir du moment où la personne "prend" la tâche. La définition de Clarence Ellis met en avant le but commun du groupe et l'environnement partagé (group awareness). Le workflow *est donc un* groupware comme le soulignent aussi ces auteurs:

- *"..., workflow systems , and group calendars are key examples of groupware"* [Grudin, 1994b].
- *"... workflow is a subset of groupware"* [Reinhardt, 1993].

Le workflow correspond avant tout à une activité d'ordonnancement et de coordination du travail entre les différents acteurs impliqués dans un processus coopératif. Il a été défini par le groupe de travail "Groupware" d'AFCET [Afcet, 1994] comme le traitement séquentiel d'un document ou d'un dossier par des acteurs successifs qui lui appliquent des actions dont l'ordre, linéaire ou parallèle, et la forme sont définis à l'avance. La définition donnée par N. Naffah [Naffah, 1994] nous semblait être la plus proche de ce concept : *"Travail coopératif impliquant un nombre limité de personnes devant accomplir, en un temps limité, des tâches articulées autour d'une procédure définie et ayant un objectif global".*

Le workflow peut être aussi appréhendé comme l'intégration de deux niveaux d'automatisation [WfMC, 1996]. Le premier correspond à l'*ordonnancement du travail* qui planifie et assigne le travail en se basant sur la détermination du moment adéquat, de l'agent adéquat et des ressources adéquates, comme les définissent les règles de gestion de l'entreprise. Le second correspond à la *distribution du travail* vers les applications plus traditionnelles.

Au début des années 90, les solutions de type workflow ont été considérées comme un moyen pour arriver à la décentralisation des structures organisationnelles. La philosophie était la suivante : prendre chaque processus de travail, le découper en ses activités clés, et ensuite automatiser l'enchaînement de ces activités. Le système fournissait ensuite le mécanisme pour exécuter un processus de travail, avec un enchaînement programmé de tâches qui sont exécutées à différents points géographiques éventuellement. Cependant comme dans beaucoup de situations, des processus idéalisés ont été implémentés sans s'interroger sur les raisons organisationnelles qui éloignaient le réel de l'idéal. Quelques années après avoir été considérés comme les solutions miracles, les SGWF ont été accusés, par les mêmes entreprises, de conduire à la taylorisation de l'administration.

2.2.2. Besoins de représentation et solutions existantes

Le développement d'applications workflow commence par la modélisation des processus à informatiser. Pour chaque étape du travail à effectuer, il faudra déterminer qui fait quoi, sur quoi, à quel moment, après quoi et avant quoi, mais aussi définir les détenteurs de l'information, les types de documents traités, les points éventuels de blocage...

2.2.2.1. Modélisation d'une procédure

Une procédure est un ensemble prédéfini de tâches partiellement ordonnées. Pour décrire leur ordonnancement, il est nécessaire de disposer d'opérateurs logiques disjonctifs, conjonctifs, et de pouvoir combiner les deux.

Chaque tâche se voit attribuer un rôle correspondant à un groupe d'acteurs parmi lesquels sera choisi celui qui l'exécutera. Le rôle peut être vu comme un ensemble de compétences et de droits nécessaires à l'exécution d'une tâche. La création des liens qui existent entre un rôle et les acteurs associés se fait indépendamment de la procédure, par l'administrateur de l'application workflow.

En définitive, pour modéliser une procédure en vue d'en automatiser le déroulement à l'aide d'un SGWF, il est nécessaire de représenter le ou les événements qui la déclenchent, les tâches qui la composent et leurs relations de précédence. Ces relations définissent des enchaînements séquentiels, parallèles (avec leurs points de rendez-vous) et conditionnels. Finalement, pour chaque tâche on doit représenter les événements qui déclenchent son exécution, les moyens (données + outils) nécessaires à sa réalisation, et le rôle associé.

2.2.2.2. Formalismes pour la représentation de procédures

Les formalismes offerts pour la modélisation de procédures workflow sont avant tout des méta-modèles de coordination. Pratiquement, chaque outil de workflow proposait alors son propre formalisme ou langage pour représenter (très souvent graphiquement) une procédure. Si les formalismes étaient nombreux, les études théoriques qui étaient à leur base l'étaient beaucoup moins. Deux courants se sont distingués :

- les modèles issus des réseaux de Petri ayant recours au concept d'ordonnancement de tâches [Petri, 1962], [Peterson, 1977] ;
- les modèles issus de la théorie des actes du langage (Speech Act Theory) [Searle, 1969], [Searle, 1975], [Winograd, 1988a], [Winograd, 1988b].

Les deux formalismes majeurs ICN [Ellis, 1979] et Action [Medina-Mora et al., 1992] résultants de ces deux courants utilisent une approche "top-down" qui permet de choisir le niveau de détail dans la représentation et de modéliser un processus complexe par raffinements successifs. Ils ont aussi la même finalité : diviser un processus en un nombre fini d'étapes et en décrire l'enchaînement. Ce dernier point est fondamental. La difficulté principale dans l'analyse d'une procédure consiste précisément à déterminer l'ensemble des tâches qui le composent et leurs interrelations, autrement dit à trouver la bonne granularité des tâches.

Le modèle ICN (Information Control Net) a été développé par le Palo Alto Research Center (PARC) dans les années 70 [Ellis, 1979]. Un *réseau de contrôle de l'information* est un ensemble de procédures, d'étapes, d'activités, de rôles et d'acteurs avec un certain nombre de relations valides entre ces éléments. Une procédure est un ensemble d'activités reliées par des relations de précédence. Une activité peut être élémentaire ou composée. Dans ce dernier cas elle peut, à son tour, être considérée comme une procédure et développée en tant que telle. Le modèle permet ainsi de choisir le niveau de détail dans la représentation et de construire une procédure complexe par raffinements successifs. Les activités sont représentées par des nœuds et les enchaînements d'activités par des transitions. Les structures d'alternative, de parallélisme et de boucle sont utilisées pour décrire les procédures. Le modèle ICN étendu [Ellis et al., 1994] intègre le concept de but (objectif).

Dans le modèle Inconcert [McCarthy et. al, 1993], un processus consiste en un ensemble de tâches, chacune étant une unité de travail devant être réalisée par un acteur. Les tâches d'un même niveau d'abstraction ont des relations de précédence entre elles. VPL (Swenson, 1993) est un langage graphique permettant de représenter un processus. Les étapes d'un processus représentent les requêtes d'un acteur vers un autre qui sont nécessaires à la coordination des tâches.

Le modèle Action [Medina-Mora et al., 1992] est issu des recherches de T. Winograd et F. Flores visant à orienter le travail des groupes par rapport à leurs activités de dialogue, de négociation et de prises de décision. Certains résultats des recherches développées dans le domaine de la linguistique (Speech Act Theory [Winograd, 1988a], [Searle, 1969], [Searle, 1975]) ont été utilisés. Le modèle repose sur une structure assez simple : il s'agit de considérer une tâche comme une relation de communication entre deux participants, un client et un fournisseur, définie par une structure en boucle composée de quatre phases : la préparation, la négociation, l'exécution, l'acceptation. Le processus est ainsi organisé comme un réseau d'actions reliées par des raffinements successifs. La boucle principale représente la procédure dans sa globalité. Les différentes phases de cette boucle sont ensuite décomposées en d'autres boucles qui peuvent à leur tour être décomposées...

Le modèle Action propose une approche client-fournisseur qui apporte au modèle une dimension qui n'existe pas dans ICN. Dans une procédure modélisée avec Action, on se rend compte de l'organisation qui justifie la façon dont le processus a été découpé en tâches. Les responsabilités et les relations entre les intervenants sont clairement identifiées. Dans une optique de réorganisation, cette dimension est très importante.

Nous considérons qu'une tâche (ou activité selon les formalismes) est un ensemble d'actions réalisées par une seule personne qui remplit ainsi un certain rôle dans le processus global sans avoir besoin d'intervention d'autrui, et sans souffrir d'aucune attente dans le processus (ni rupture temporel conditionnée, ni attente d'une autre compétence, ni attente d'une donnée manquante). Cela nécessite donc que l'on ait bien défini l'ensemble des rôles intervenant dans le processus au préalable. Il faut d'abord trouver les personnes qui interviennent dans le processus, identifier le(s) rôle(s) qu'elles y remplissent et repérer comment elles communiquent entre elles afin de coordonner leurs efforts dans le but d'atteindre l'objectif global du processus.

Au début des années 90, les démarches de développement d'applications workflow n'étaient pas en mesure d'offrir aux concepteurs des directives méthodologiques riches pour la structuration des processus de travail bien structurés.

2.2.2.3. Cadres et méthodes pour l'analyse et/ou la conception d'organisations d'individus (début 90's)

Le framework I* [Yu et. al, 1994] est développé pour supporter la modélisation et la réingénierie des processus. Les processus impliquent des acteurs sociaux qui dépendent mutuellement les uns des autres pour les buts à accomplir, des tâches à réaliser, des ressources à fournir. Le framework inclut un modèle de dépendance stratégique et un modèle de raisonnement stratégique. Le premier décrit un réseau de relations (de dépendance) entre les acteurs. Le second supporte le raisonnement de chaque acteur à propos de ses relations (dépendances) avec les autres acteurs et spécifie de quelle manière l'acteur remplit ses contrats vis à vis de l'extérieur par les tâches qu'il réalise.

La méthode OSSAD (Office Support System Analysis and Design) [Dumas et al., 1990a], [Dumas et al., 1990b] a été conçue dans le cadre d'un projet ESPRIT qui avait pour objectif de rechercher des méthodes appropriées au développement de systèmes supportant le travail de bureau (autrement dit, du secteur tertiaire qui produit des services). Il s'agit d'une approche systémique qui aide à comprendre comment les gens travaillent dans un bureau, en incluant les personnes dans le système à concevoir. Les objectifs du système (domaine de l'entreprise) sont considérés comme plus importants que son fonctionnement. On retrouve ici l'un des grands principes du Business Process Reengineering [Hammer et al., 1993], [Jacob, 1994]. La méthode impose une étude d'ensemble permettant de repérer les points "à problèmes" pour les acteurs impliqués. L'approfondissement de ces points se fait par décompositions successives jusqu'à ce que le niveau de finesse désiré soit atteint. OSSAD est une méthode participative [Greenbaum et al., 1991]. Les utilisateurs sont invités à analyser la situation existante et à suggérer des alternatives pour résoudre les problèmes actuels. Cette caractéristique était d'autant plus importante pour nous que la mise en place d'une application workflow soulèvait de nombreuses réticences comme c'est le cas chaque fois que l'on touche à l'organisation du travail.

OSSAD est une méthode qui permet d'analyser comment différentes personnes coordonnent leurs tâches en vue de fournir un résultat global. Son ambition est d'accompagner le changement en profitant des opportunités de réorganisation qu'offrent les nouvelles technologies informatiques. OSSAD propose deux niveaux de réflexion : l'abstrait et le descriptif.

- Le modèle abstrait vise à représenter l'organisme du point de vue de ses missions et de ses objectifs, en faisant abstraction des moyens utilisés. Il s'intéresse aux objectifs en cherchant à représenter ce qui doit être fait et pourquoi. Il répond aux questions : "Quels objectifs satisfaire?" et "Que faut-il faire pour cela ?", en faisant abstraction de la solution pratique employée. Ce niveau fixe les caractéristiques stables et durables du système (au sens large) étudié que tout choix d'organisation devra respecter. Il sert de cadre à la construction des modèles descriptifs.

- Le niveau descriptif vise à représenter les conditions de réalisation actuelles ou envisagées conformément aux objectifs formulés au niveau abstrait. Il prend en compte les moyens organisationnels (choix d'organisation, partage des responsabilités, flux des informations et des documents), humains (répartition des collaborateurs dans les différentes unités ou services) et techniques (outils de type bureautique ou informatique). Ce niveau comporte trois types de modèles descriptifs : le modèle descriptif de rôles, le modèle descriptif de procédures, le modèle descriptif d'opérations. Le dernier constitue le niveau le plus détaillé de la description et permet d'expliciter la dynamique de l'organisation de manière locale à chaque procédure.

La représentation d'un organisme par les concepts d'OSSAD aboutit à la modélisation des procédures sous la forme de graphes d'enchaînements d'opérations (le modèle descriptif d'opérations qui explicite la dynamique). Ce formalisme apporte une puissance de représentation suffisante pour tous les types d'enchaînements d'étapes qui peuvent être mis en œuvre par un outil de workflow. Il a été implanté quelques années plus tard dans le SGWF Workey. Avec son

concept de macro-opération horizontale, OSSAD offre en plus la possibilité de mettre en évidence les étapes d'une procédure qui doivent être réalisées par la collaboration de plusieurs acteurs. La macro-opération constitue le niveau le plus fin de modélisation que l'on puisse obtenir avec OSSAD lorsqu'il s'agit d'une coopération asynchrone non prédéfinie ou d'une coopération synchrone.

2.3. Objectif : intégration

Le travail en groupe favorise la productivité globale d'une entreprise, facilite et accélère la circulation de l'information. Il permet aussi de modifier la manière de travailler, d'aplanir la hiérarchie et de supprimer certaines barrières de communication. Les outils de travail coopératif constituent une aide à la mise en place des formes d'organisation modernes basées sur des structures horizontales. Leur impact sur l'organisation du travail est important.

D'un point de vue structurel, on considère généralement qu'il existe deux types de processus coopératifs [Palermo et al., 1992], [N98b], [N04a], [**N08c**], [**N11c**]. Les *premiers*, dits ad hoc, sont occasionnels et peu structurés. Leur principale préoccupation se situe au niveau du partage de l'information et du savoir entre les membres d'un groupe, beaucoup plus que sur la coordination de leurs activités. Les besoins sont donc plus axés sur la communication, la conversation et l'argumentation. Les logiciels de groupe (autre que les SGWF) sont adaptés à ce type de processus. Lotus Notes était devenu un standard de fait de cette catégorie vers la fin des années 90. En revanche, les SGWF, avec leurs moteurs d'exécution de processus, ont trouvé pleinement leur efficacité pour les *seconds*, des processus structurés, répétitifs, dont les besoins en coordination et en automatisation sont importants. C'est par exemple le cas des procédures administratives dans lesquelles les manipulations de dossiers (encore sur papier), circulant d'une personne à une autre, occupent une part importante de la procédure. C'est ainsi que le workflow a trouvé ses utilisateurs privilégiés dans le secteur du tertiaire : assurances, banques, administrations et organismes sociaux.

L'objectif d'une analyse qui vise à aboutir à une application workflow est de trouver le bon découpage d'un processus bien structuré (spécifiable comme un pré-ordre d'activités) en étapes afin d'en automatiser l'enchaînement. Si ICN et Action étaient des formalismes adaptés à la modélisation de ce type de processus, il n'en restait pas moins qu'il leur manquait toute la démarche d'analyse pour guider la construction de la solution organisationnelle à implanter. Un formalisme, aussi parfait soit-il, ne permet que la représentation de la solution choisie. Une méthode complète pour l'analyse et la conception d'applications workflow devrait :

- permettre de déterminer si un outil de type workflow est adapté pour automatiser le déroulement du processus étudié et s'il est avantageux de le faire ;
- être suffisamment générale pour permettre de modéliser n'importe quel processus même s'il comporte des étapes qui ne peuvent pas être contrôlés par un SGWF;
- prendre en charge l'analyse depuis l'identification des processus jusqu'à la modélisation des procédures dont on veut automatiser le déroulement ;
- raisonner sur les objectifs à atteindre et non sur les fonctions réalisées par les différents services d'un organisme ;
- permettre d'aborder des entreprises complexes dont les processus ne sont pas clairement définis (une approche systémique est alors requise [Kurzynski, 1987]).

Ce travail de recherche était justifié par le fait qu'il n'existait pas de méthode spécifique supportant l'analyse et la conception des systèmes d'information supports de coopération au début des années 90. Mon objectif n'était pas de construire une nouvelle méthode répondant aux besoins des applications supportant le travail coopératif, mais d'utiliser/adapter au mieux les méthodes existantes. J'avais aussi estimé qu'il serait peu satisfaisant de disposer d'une méthode trop spécifique qui ne s'appliquerait qu'au développement d'applications workflow. J'ambitionnais de définir une méthode suffisamment générale permettant d'analyser n'importe quel type de travail de groupe. En effet, de nombreuses raisons organisationnelles justifient l'utilisation conjointe des outils de workflow et des autres types de logiciels de groupe [N96a],

[N98b]. La plupart des groupes au sein d'une entreprise se font et se défont suivant des besoins ponctuels. Ces groupes se constituent par exemple pour des réunions de décision, pour la rédaction d'un document en commun. Ces activités, souvent imprévisibles, n'entrent pas forcément dans une procédure formelle de l'entreprise. Elles correspondent plutôt à un besoin dont l'origine se trouve dans l'une de ces procédures. Le type d'activité est alors décisif pour le choix de collecticiels adéquats. Nous pouvons citer, par exemple, la conception coopérative, la décision de groupe nécessitant une réunion.

La taille du groupe est aussi un élément déterminant [Dennis et al., 1991]. On peut considérer que l'intégration de collecticiels et plus particulièrement de collecticiels synchrones dans une application workflow consiste à intégrer des groupes de petites tailles effectuant des tâches collectives dans un groupe de grande taille responsable de la procédure (Figure 4). Une application workflow comporte souvent un nombre important d'acteurs exécutant des tâches individuelles. En revanche, l'organisation d'une réunion concernera la plupart du temps un groupe réduit de personnes dont la décision permettra de poursuivre la procédure en attente de cette décision. Il s'agit d'un cas type d'intégration. Ainsi l'outil de workflow servira d'intégrateur ou d'ordonnanceur pour un ensemble de logiciels mixtes, aussi bien des logiciels individuels que des logiciels de groupe [N96a], [N96d]. Le but de l'intégration est de rendre transparentes les transitions entre les différents logiciels de groupe et d'offrir aux acteurs concernés un environnement de modélisation et d'exécution qui puisse prendre en considération les différentes situations de coopération.

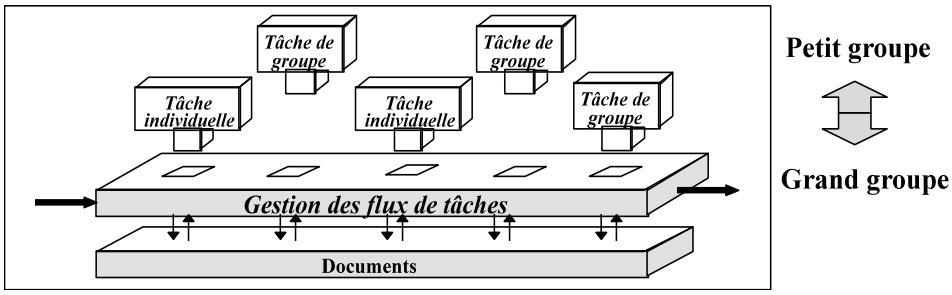

Figure 4 - *Intégration du travail coopératif ad hoc dans une application workflow*

Comme le soulignaient Ellis et Nutt, "*the challenge of office information system is to integrate the components in order to reduce the complexity of the user's interface to the system, control the information and enhance the overall efficiency of the office*" [Ellis et al., 1980]. Quelques autres travaux existent dans la littérature sur l'intégration Workflow/Groupware [Ben-Shaul et. Al., 1996], [Nagypal et. al, 2001].

2.4. Résultats

Dans un premier temps, j'ai développé une méthode adaptée à l'analyse du travail de groupe et plus particulièrement à l'analyse et la conception d'applications workflow en prenant comme base la méthode OSSAD. Dans le cadre de cette méthode spécifique, j'ai proposé l'utilisation de modèles orientés groupe pour représenter les phases de coopération qui ne peuvent pas être prises en compte par un outil de workflow (cf. sections 2.4.1 et 2.4.2).

J'ai ensuite étudié de quelle manière les outils de workflow peuvent contribuer à atteindre les standards de qualité prédéfinis dans la norme ISO 9000 en fournissant les moyens nécessaires à l'introduction de la qualité dans les processus de travail (cf. section 2.4.3).

Finalement, j'ai développé un méta-modèle pour la représentation de processus coopératifs intégrant des séquences de coordination bien structurées et d'autres activités collectives ad hoc (cf. section 2.4.4).

2.4.1. Proposition d'une méthode pour la conception d'applications workflow

Les travaux que j'ai initiés et coordonnés dans le cadre de deux mémoires d'ingénieur CNAM [N95a], [N95b] m'ont permis de constater que la plupart des méthodes d'analyse et de conception des systèmes d'information (Merise, SADT, SART, OMT, OOM) étaient inadaptées pour réaliser l'étude préalable nécessaire au développement d'applications supportant la coopération. Ces méthodes étaient trop orientées vers l'organisation des données et l'automatisation des traitements et non vers l'organisation du travail des hommes. Les aspects organisationnels y étaient envisagés de façon parcellaire. Les insuffisances observées m'ont conduit à investiguer des méthodes moins utilisées pour l'ingénierie des systèmes d'information mais correspondant à nos attentes. La méthode OSSAD se démarquait de cette tendance. Le principe de contingence proposé par OSSAD permet d'adapter cette méthodologie aux conditions environnantes pour produire une méthode. J'ai exploité ce principe pour définir la méthode CISAD (Cooperative Information Systems Analysis and Design).

L'ajout de la relation client/fournisseur a permis de proposer des variantes pour le modèle descriptif de rôles et le modèle descriptif d'opérations [N96a], [N96d]. Cette première extension concerne la relation qui existe entre un acteur qui demande un travail et celui qui en assure la réalisation. Il s'agit de la relation client-fournisseur qui justifie l'organisation existante. Ne pas la représenter supprime une "dimension organisationnelle" au modèle de la procédure. Une représentation intéressante pour la relation qui existe entre une personne qui demande un travail et celle(s) qui le réalise(nt) avait été proposée dans le projet Regatta [Swenson, 1993]. La modélisation est basée sur le principe de responsabilité et sur la réglementation du mécanisme de décomposition. Une tâche est décomposée lorsque le rôle qui lui est affecté demande à d'autres rôles d'effectuer des tâches plus élémentaires telles que le résultat global de l'ensemble constitue le résultat de la tâche initiale. Tout rôle affecté à une tâche T devient donc le responsable des tâches issues de la décomposition de T. Etre responsable d'un ensemble de tâches signifie être responsable de la qualité du résultat qu'elles doivent fournir. Il n'est nullement question de lien de subordination entre les acteurs.

Les avantages d'un tel principe de modélisation sont multiples. Au lieu de suivre une ligne fonctionnelle, la décomposition suit une ligne organisationnelle. Les problèmes dûs à l'organisation (trop de délégation...) sont mieux détectés. Chaque graphe correspond à la vision qu'un acteur a du travail dont il a la responsabilité. Il est donc plus à même d'en valider, voire d'en construire le modèle. Dès la modélisation, on peut ainsi tenir compte de certaines fonctionnalités qu'offrent les SGWF comme la gestion des responsabilités par niveau de décomposition d'une procédure. Par exemple, lorsque la réalisation d'une tâche pose des problèmes (dépassement de délais...), le SGWF pourrait alerter le responsable du niveau de décomposition concerné qui semble être le plus à même de prendre une décision efficace.

La seconde extension partait du constat que la méthode OSSAD était démunie de modèles appropriés concernant la circulation des informations et la représentation des outils qui les manipulent. Les outils de workflow peuvent apporter des gains de temps considérables sur la circulation des informations (documents, formulaires...). Encore faut-il pouvoir en analyser le circuit afin de proposer des améliorations. Nous avons ajouté un schéma de circulation de documents [Mallet, 1971] pour la conception d'applications workflow. La liste des symboles de documents et d'outils utilisés dans ce modèle n'est pas exhaustive ; il est possible de rajouter des symboles en fonction des besoins spécifiques [N95a].

La méthode ainsi construite (CISAD) associe le workflow et les autres situations du travail coopératif, et des modèles permettant de représenter les interactions entre coopérants qu'il s'agisse d'interactions synchrones ou asynchrones, formelles ou informelles [N96d], [**N98a**]. La dimension organisationnelle ajoutée à OSSAD fournit à l'analyste un fil conducteur pour mener une étude complète au niveau descriptif. Cette dimension apporte une vision sur l'organisation du travail qui n'aurait pas été représentée par une approche purement fonctionnelle. Elle permet notamment de mettre en évidence certaines tâches qui doivent leur existence uniquement à l'organisation mise en place (vérifications, validations, ...) et qui peuvent être supprimées si elles

n'ont pas de valeur ajoutée. La dimension organisationnelle permet aussi de mieux repérer les dysfonctionnements induits par l'organisation du travail. Elle introduit un levier de réflexion important pour conduire une activité de réingénierie.

La méthode CISAD ainsi construite offre une démarche de modélisation descendante basée sur une technique de décomposition. Dans le cas des modèles abstraits, la décomposition se base sur les objectifs de l'organisme étudié. Si cette démarche est utile pour l'analyse d'une application workflow, elle n'est pour autant pas immédiate. Les acteurs concernés ont tendance à suivre l'organigramme de l'organisme pour déterminer les différentes fonctions et sous-fonctions. Il faut donc apporter une attention toute particulière à cette étape de la modélisation qui sert de base à la construction des modèles descriptifs.

La méthode impose une décomposition par niveaux de responsabilité et guide la modélisation jusqu'à arriver à des opérations non décomposables qui constitueront les tâches pour un outil de workflow. Nous avons voulu que cette démarche permette d'obtenir des modèles plus proches des utilisateurs, en adéquation avec la vision qu'ont ces acteurs sur le travail dont ils ont la responsabilité. Sur ce point, le modèle descriptif de rôles a toute son importance. Pour chaque flux modélisé, en plus de son origine et sa destination, il faut se demander qui en est responsable. Les questions suivantes peuvent s'avérer utiles : Qui impose l'existence de ce flux ? Qui faut-il avertir si le flux ne peut être acheminé ? Nous déterminerons ainsi les différents niveaux de responsabilité présents dans la procédure étudiée.

Les différents schémas de circulation apportent, en plus des indications sur les flux de documents, une rigueur de modélisation. Pour chaque document nécessaire à une opération, ils nous imposent de savoir d'où il vient et où il va. Tout document doit obligatoirement avoir un début ainsi qu'une fin de circuit. Ceci implique une finesse d'analyse qui n'était pas exigée pour la construction des modèles descriptifs d'opérations.

2.4.2. Intégration de tâches collectives dans une application workflow : trois modèles orientés groupe et propositions d'extension

Dans OSSAD, l'intervention de plusieurs rôles dans une même macro-opération, dite horizontale, représente une coopération qui peut être asynchrone ou synchrone. Dans le premier cas, il y a des échanges entre plusieurs rôles mais sans présence simultanée. Si ces échanges sont prédéfinis, on pourra les décrire par un nouveau diagramme détaillant la macro-opération (principe du zoom). Dans le second cas, la coopération implique la présence simultanée des acteurs, comme le montre la Figure 5. Lorsqu'il s'agit d'une coopération asynchrone non prédéfinie ou d'une coopération synchrone pour lesquelles on ne saurait spécifier de modèles plus détaillés en terme d'enchaînement de tâches, la macro-opération constitue le niveau le plus fin de modélisation que l'on puisse obtenir avec OSSAD.

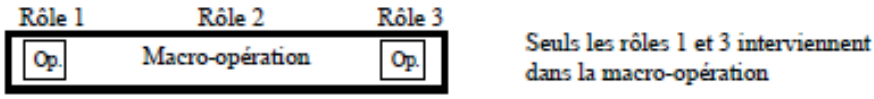

Figure 5 - *Représentation graphique d'une macro-opération horizontale*

L'un des objectifs de cette recherche était d'élaborer une méthode suffisamment ouverte afin de pouvoir intégrer les autres situations de travail coopératif qui peuvent être prises en compte par les outils groupware. Il était donc nécessaire de faire apparaître dans cette démarche des modèles capables de représenter des activités de groupe. En considérant qu'un groupe de travail correspond à un rôle particulier de type groupe, nous avons proposé d'avoir recours à trois formalismes de groupe qui permettront de prendre en compte certains aspects du travail coopératif que l'on ne peut modéliser en terme d'enchaînement de tâches.

Nous avons proposé une phase privilégiant d'abord la communication pour une représentation plutôt technique des réseaux de communication susceptibles de supporter les échanges. Cette

phase permet de trouver un compromis entre les besoins réels et les technologies existantes. Des modèles de dialogue permettent la représentation des échanges entre participants. Enfin, un modèle d'argumentation fournit une technique pour raisonner sur les informations partagées. Chaque modèle peut être utilisé pour aborder une catégorie particulière de situations de travail de groupe présentant des spécificités qui justifient les représentations à adopter. Ces modèles ont été intégrés à la méthode CISAD au niveau de la macro-opération. Une coopération qui est représentée par une macro-opération horizontale et qui ne peut être décrite en terme d'ordonnancement de opérations nécessite l'utilisation de modèles de groupe.

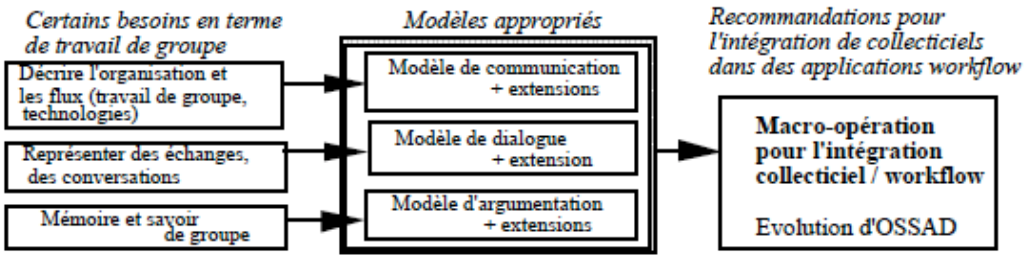

Figure 6- *Cadre d'intégration de collecticiels dans des applications workflow*

La figure 6 présente notre perception de l'intégration des collecticiels dans des applications workflow. Les modèles qui suivent cherchent à représenter les aspects de communication, de dialogue et d'argumentation dans un travail de groupe. Ces aspects ne coexistent pas toujours dans une activité collective. Ils ne constituent pas non plus une liste exhaustive des caractéristiques du travail coopératif. Ce sont simplement ceux qui m'ont paru significatifs, au milieu des années 90, pour proposer une première approche d'ouverture et d'intégration [N96a].

2.4.2.1 Modèles de communication

Les modèles de communication favorisent la compréhension des flux d'information dans une organisation. Ils décrivent les liens nécessaires au bon fonctionnement de l'entreprise en fournissant des instruments de communication : messageries électroniques, mémos, réunions, etc. [Grover et al., 1994]. Un modèle de communication consiste à décrire des flux d'information aussi bien dans l'entreprise qu'entre les entreprises. Ces modèles conduisent à une représentation plutôt technique des réseaux de communication susceptibles de supporter les échanges et permettent d'identifier les communications critiques, les goulets d'étranglement, les risques de surcharge de flux et les endroits où la communication devrait être améliorée grâce à des moyens technologiques ou organisationnels.

Nous proposons l'utilisation d'une matrice de communication classique représentant les flux d'information entre les participants d'un réseau avec la notion supplémentaire de typologie proposée par J. Grudin (cf. Figure 3). La notion de site (ou de rôle) imprévisible, aussi bien pour l'émission que pour la réception, permet de reprendre l'une des dimensions de la matrice de Grudin (lieu différent prévisible ou imprévisible). De la même manière, une distinction au niveau temps permet de renseigner les cellules de cette matrice. La figure 7 montre quelles sont les moyens à mettre en œuvre, en fonction des caractéristiques des communications existantes ou des objectifs futurs. Cette matrice de communication permet de représenter l'architecture de communication minimale requise pour une entreprise. Il est nécessaire de trouver un compromis entre les besoins réels et une technologie en progression permanente qui fournit des outils s'adaptant aux besoins - en les devançant parfois -. Le calcul de la densité des cases de la matrice permet de faire un choix des priorités et de contrôler la pertinence ou le degré d'importance des communications. Une fois la matrice totalement renseignée, on associe la valeur 1 à toute valeur supérieure ou égale à une moyenne préalablement choisie et la valeur 0 à toutes les autres. Les liaisons de type 1 impliquent un besoin de communication entre deux rôles.

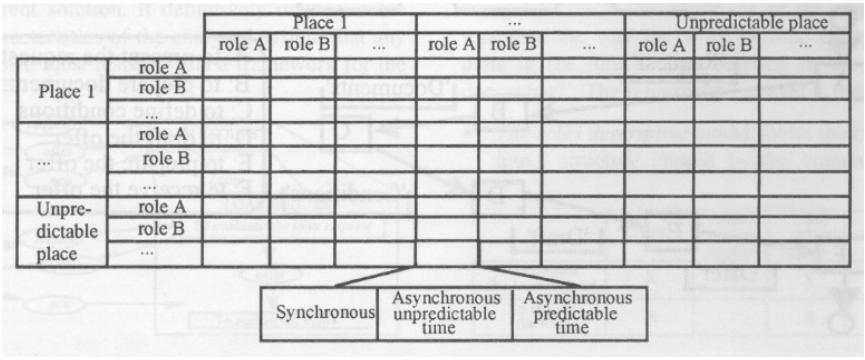

Figure 7- *L'utilisation de la matrice de Grudin dans la modélisation des communications*

2.4.2.2. Modèles de dialogue

De nombreuses technologies sont apparues avec le travail coopératif nécessitant des modèles formels pour la représentation du dialogue. Les systèmes de type action-coordination sont basés sur une théorie de langage développée par Flores et Winograd [Winograd, 1988a]. Cette théorie suppose qu'une personne qui parle ou qui écrit une phrase, effectue des actes de langage [Searle, 1969], [Searle, 1975] qui ont des conséquences sur sa propre action future et sur les actions des personnes auxquelles elle s'adresse. L'activité intellectuelle est ainsi considérée comme une conversation soutenue par la théorie des actes du langage [Kaplan, 1990]. Alors que les théories du langage traditionnelles montrent comment les mots transmettent l'information, la théorie des actes du langage montre comment les expressions sont connectées aux possibilités futures et aux conséquences [Winograd, 1988b]. Ce type de modèle paraît adapté pour apporter une dimension d'échange plus proche des acteurs, en complément des modèles de communication. La représentation doit cependant porter sur un nombre limité d'échanges, sinon le modèle devient rapidement illisible.

Le modèle Action [Medina-Mora et al., 1992] s'intègre parmi les systèmes de coordination d'actions. Le travail de groupe est organisé comme un réseau d'actions reliées. Le modèle Action considère que toute communication est basée sur une question destinée à faire exécuter une action. Il définit une structure en boucle pour représenter la relation de communication entre deux participants : un client et un fournisseur. La boucle Action est composée de quatre phases : la préparation, la négociation, l'exécution, l'acceptation. Nous considérons qu'un groupe de travail peut parfois correspondre à un rôle particulier de type “groupe” qui n'est pas prévu dans le modèle Action.

Cette représentation en boucle peut favoriser la compréhension de l’organisation. A partir de la représentation d'une procédure, il est assez simple d'isoler les tâches effectuées par un rôle. Grâce à ces représentations, on peut envisager des possibilités d'optimisation dans une organisation complexe. La mise en évidence des raisons fonctionnelles ou organisationnelles qui relient certains rôles peut justifier des modifications de processus.

2.4.2.3 Modèles d'argumentation

Les modèles d’argumentation permettent de suivre l'évolution d'une décision d'une manière structurée, augmentant ainsi la motivation et l'implication de chaque participant. Il s'agit de modèles basés sur la représentation d'une argumentation pour la résolution d'un problème. L'approche considère que tout échange résulte d'un problème soumis à l'ensemble d'un groupe. Chacun amène ses solutions et un argumentaire qui constituent l'échange. Lorsqu'une personne fait un choix, celui-ci correspond toujours à une démarche rationnelle qui peut être expliquée. Il s'agit de dire pourquoi le chemin choisi est le meilleur pour atteindre l'objectif fixé. Il est nécessaire de faire apparaître les options choisies ainsi que celles qui ont été rejetées.

Le principe soutenu dans cette “analyse argumentée de la conception” (design rational) est le suivant : pour comprendre le sens d'un choix de conception, il faut comprendre comment il pourrait être différent et pourquoi les choix faits sont appropriés [McLean et al., 1989]. L'espace de conception est composé d'un espace de décision avec un ensemble d'options ou d'alternatives

possibles et d'un espace d'évaluation avec les raisons et les critères explicites permettant de choisir telle option plutôt que telle autre. Un modèle d'argumentation constitue un outil orienté vers les informations partagées et donc vers la mémoire du groupe. C'est le principe utilisé dans la méthode IBIS qui permet de conserver, grâce à la représentation "Question - Option - Critère" [McLean et al., 1991], le cheminement débouchant sur une décision ou sur un ensemble d'actions [Kuwana et al., 1993], [Henninger, 1991]. La question formule l'objectif, l'option est une réponse possible à la question et le critère permet d'estimer et comparer chaque option. Chaque nœud de la représentation correspond à une catégorie qui contient des informations spécifiques. Il m'est alors paru intéressant d'avoir différents types de lien auxquels seront associés des significations différentes (C valide O, C rejette O, O répond à Q, Q est suggéré par C, etc.).

Les modèles d'argumentation semblent adaptés à la représentation de conversations synchrones. Ils permettent de suivre l'évolution d'une décision d'une manière structurée, augmentant ainsi la motivation et l'implication de chacun et peuvent ainsi favoriser la complémentarité des participants.

L'article qui présente les résultats de ces travaux (§ 2.4.1 et 2.4.2) a été cité 32 fois [N98a][4].

2.4.3. Workflow et démarche qualité

Le but de cette étude était de pouvoir prendre en compte les exigences de qualité telles que définies dans les normes ISO 9000 pendant la phase de conception des applications workflow et d'enrichir la méthode de conception de systèmes d'information supports de coopération (développée précédemment). Le contrôle de la conformité à la norme ISO 9000, que l'on peut résumer par "*écrire ce que l'on fait, faire ce que l'on écrit et prouver ce que l'on a fait*", passe par une gestion rigoureuse des documents constituant le manuel qualité et par l'amélioration du système qualité grâce à un contrôle de l'enchaînement des procédures. En favorisant les étapes de contrôle, les suivis et en augmentant le niveau de sécurité des procédures établies, les outils de workflow répondaient aux préoccupations d'un nombre croissant d'entreprises sur la qualité de leurs services. L'utilisation d'un outil de workflow peut constituer un gage de constance dans l'exécution des procédures de travail, permettant d'éviter les risques de régression et d'obtenir des mesures sur les procédures. Dans ce contexte, j'ai pu étudier la prise en compte des exigences relatives à la qualité dans les méthodes d'analyse et de conception d'applications coopératives, par exemple en guidant le concepteur dans sa recherche d'indicateurs relatifs à la qualité, en lui facilitant la construction de tableaux de bords…

Les conclusions de ce travail, concernant la contribution des outils de workflow pour atteindre les standards de qualité définis dans la norme ISO 9000, ont été publiées en 1996 [N96b][5].

2.4.4. Un méta-modèle générique pour la représentation de processus coopératifs

La rigidité de l'exécution requise par les normes qualité et assurée par la plupart des SGWF commercialisés ne convient pas à tous les types de processus coopératifs. En effet, les processus de travail prédéfinis et bien structurés et les processus de travail émergents et peu/pas structurés coexistent dans les entreprises, comme illustré à la Figure 8. L'environnement de modélisation et d'exécution doit pouvoir gérer ces deux types de processus coopératifs [N96d], [N95b]. Il doit aussi rendre transparent à l'utilisateur la transition entre les différents types d'activités. Ceci nécessite homogénéité et cohérence des concepts et l'interopérabilité des outils utilisés.

---

[4] S. Nurcan. Analysis and design of co-operative work processes : a framework. *Information and Software Technology*, Elsevier, 40:3, 1998, p.143-156.

[5] S. Nurcan. L'apport du workflow dans une démarche qualité. *Ingénierie des Systèmes d'Information*, 4(4), 1996, p. 463-489.

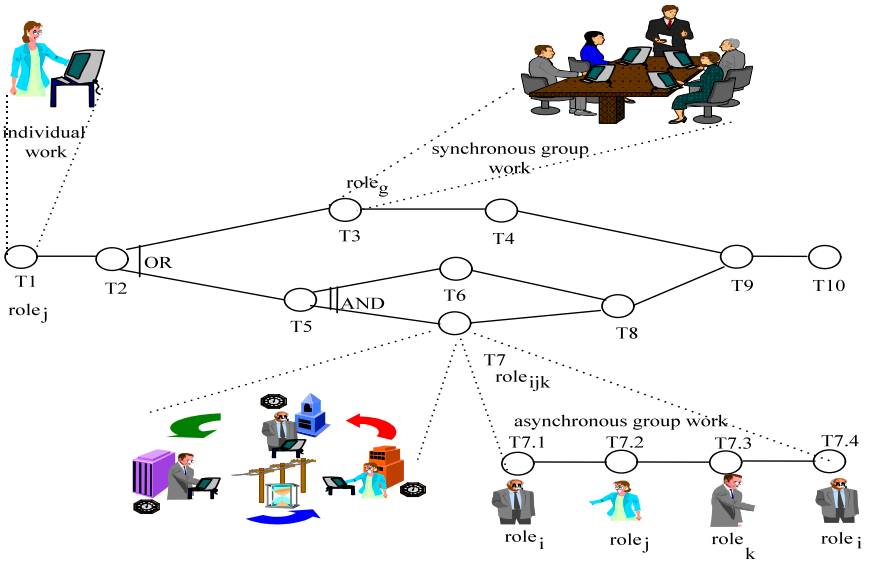

Figure 8- *Un processus workflow qui contrôle des activités individuelles et coopératives*

Pour ce faire, il était nécessaire de mettre en évidence les spécificités des systèmes supports de coopération en vue d'en tenir compte le plus en amont possible dans leur conception. Dans [**N98a**], [N98b] ont été proposés :

- une démarche d'analyse et de conception associant le workflow et les autres situations du travail coopératif, et
- des méta-modèles permettant de représenter les interactions entre coopérants qu'il s'agisse d'interactions synchrones ou asynchrones, formelles ou informelles.

Un formalisme de représentation de processus coopératifs devait aussi offrir la possibilité de modéliser des processus peu (ou pas) structurés. Mes premières recherches au sein du CRI, en poursuite de mes travaux antérieurs, m'ont conduit à proposer un méta-modèle pour la formalisation des processus coopératifs par extension du méta-modèle de processus de NATURE [Rolland, 1993], [Rolland et al., 1995]. En effet, ce dernier ne prenait pas en considération l'existance de multiples acteurs au sein d'un processus et par conséquent leur coopération. Le méta-modèle de processus étendu fournit la rigueur (et la capacité pour une transformation en code exécutable) pour des modèles de processus structurés (workflow) et supporte néanmoins (et avantageusement par rapport aux formalismes en vigueur au milieu des années 90) la flexibilité des processus coopératifs émergents (Figure 9). Il est ainsi applicable pour la représentation, aussi bien des processus coopératifs prédéfinis, dits de production, que des processus émergents, dits ad hoc [N96c], [**N97b**], [N97d], [N02a]. Le méta-modèle de processus coopératif qui résulte de cette extension est montré à la Figure 9. Il nous permet de :

- représenter les processus de travail coopératifs ;
- intégrer la notion de conversation entre acteurs (*actions de conversation*);
- guider et tracer les sessions coopératives non structurées (*messages*);
- supporter différents niveaux de granularité dans la prise de décision et le non déterminisme dans l'exécution des processus ;
- modéliser l'émergence de nouveaux contextes.

J'ai ainsi défini un ensemble minimal de concepts requis pour spécifier les processus coopératifs. Ces concepts pourraient être étendus pour répondre à des besoins spécifiques, par exemple la définition de la hiérarchie de rôles dans une entreprise comme on trouvera plus tard (dans l'état de l'art mais aussi dans ce document) dans les modèles RBAC [Ferraiolo et al., 1992], [Ferraiolo et al., 2001] , ORBAC, etc.

Ces travaux constituent le lien entre les thèmes 1 (§ 2) et 2 (§ 3) développés dans ce mémoire.

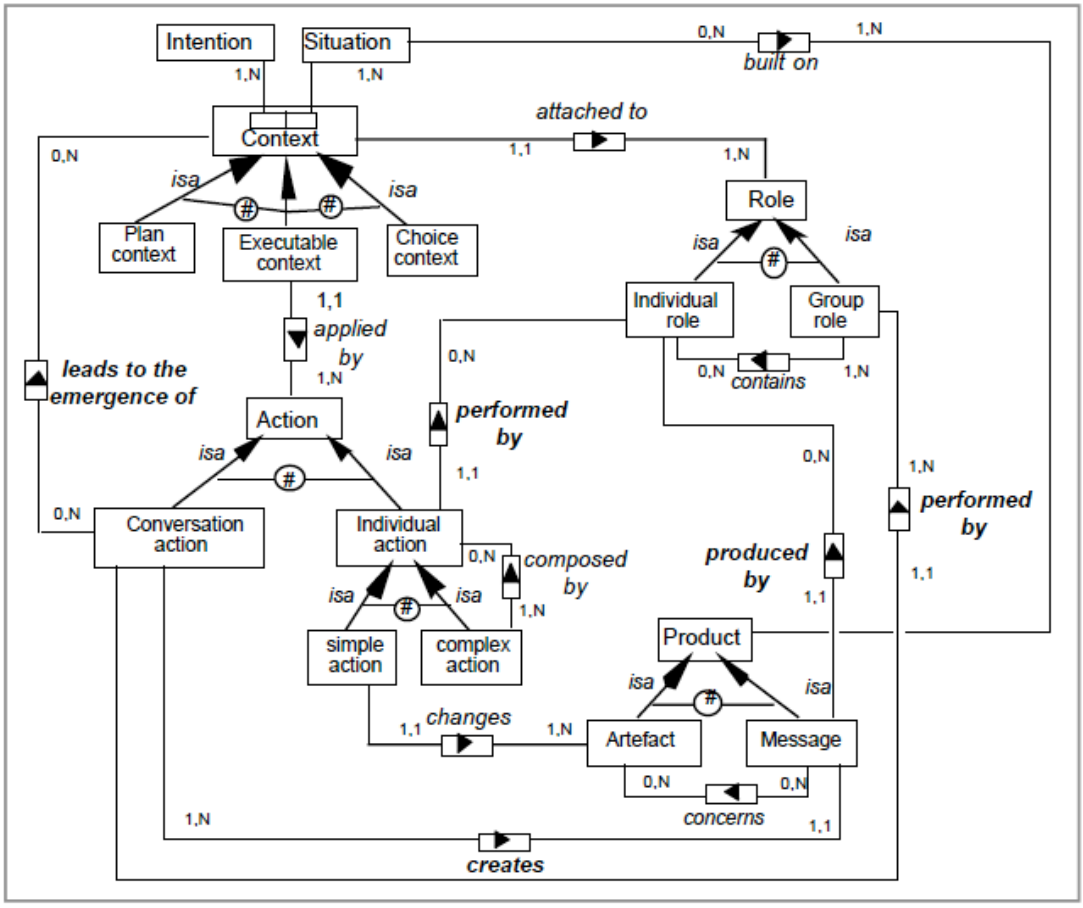

Figure 9- *Méta-modèle de processus coopératifs*

Ces résultats ont été publiés dans [N97b][6] cité 15 fois et dans [N98e][7] cité 22 fois.

Cette représentation pourrait être étendue, voire enrichie, en ayant recours aux concepts utilisés dans d'autres modèles, comme par exemple des modèles d'argumentation. C'est ce que nous avons proposé dans [**N99a**][8] comme le montre la Figure 10. Cet article a été cité 28 fois.

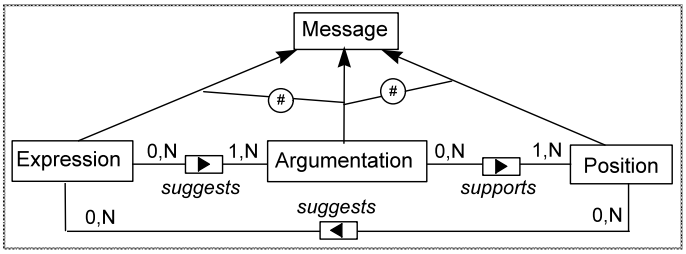

Figure 10- *Description du message basé sur un modèle d'argumentation*

[6] S. Nurcan, C. Rolland. Meta-modelling for cooperative processes. The 7th European-Japanese Conference on Information Modelling and Knowledge Bases, May 27-30, 1997, Toulouse, p. 361-377.

[7] C. Rolland, S. Nurcan, G. Grosz. A unified framework for modelling co-operative design processes and co-operative business processes. Proceedings of the 31st Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Big Island, Hawaii, USA, 6-9 January 1998.

[8] C. Rolland, S. Nurcan, G. Grosz. Enterprise Knowledge Development: the process view. Information and Management Journal, Elsevier, 36:3, 1999, p. 165-184.

J'ai ensuite étudié de nombreuses approches de modélisation de processus coopératifs et d'autres intégrant les concepts d'acteur et de rôle [Ellis et al., 1994], [McCarthy et. al, 1993], [Swenson, 1993], [Yu, 1994], [Loucopoulos et al., 1995], [Dumas, 1990a], [Dumas, 1990b], [Bubenko, 1994], [**N97b**]. L'étude menée [N98b] a montré une convergence vers un ensemble de concepts tels que *processus structuré, processus non structuré, tâche, rôle, acteur, but* (bien que ce dernier était souvent absent dans les travaux étudiés) pour la modélisation des processus. L'état des lieux sur les modèles de processus et les modèles de workflow présenté dans [N98b] aboutissait sur une synthèse des modèles étudiés. Le méta-modèle proposé en guise de synthèse (Figure 10) permet de représenter, de manière intégrée, aussi bien les processus structurés que les processus ad hoc. Il offre des concepts pour décrire les processus par leurs contributions à l'accomplissement des objectifs de l'entreprise et par leurs dépendances avec d'autres processus pour des *ressources organisationnelles* qui peuvent être des ressources physiques ou informationnelles.

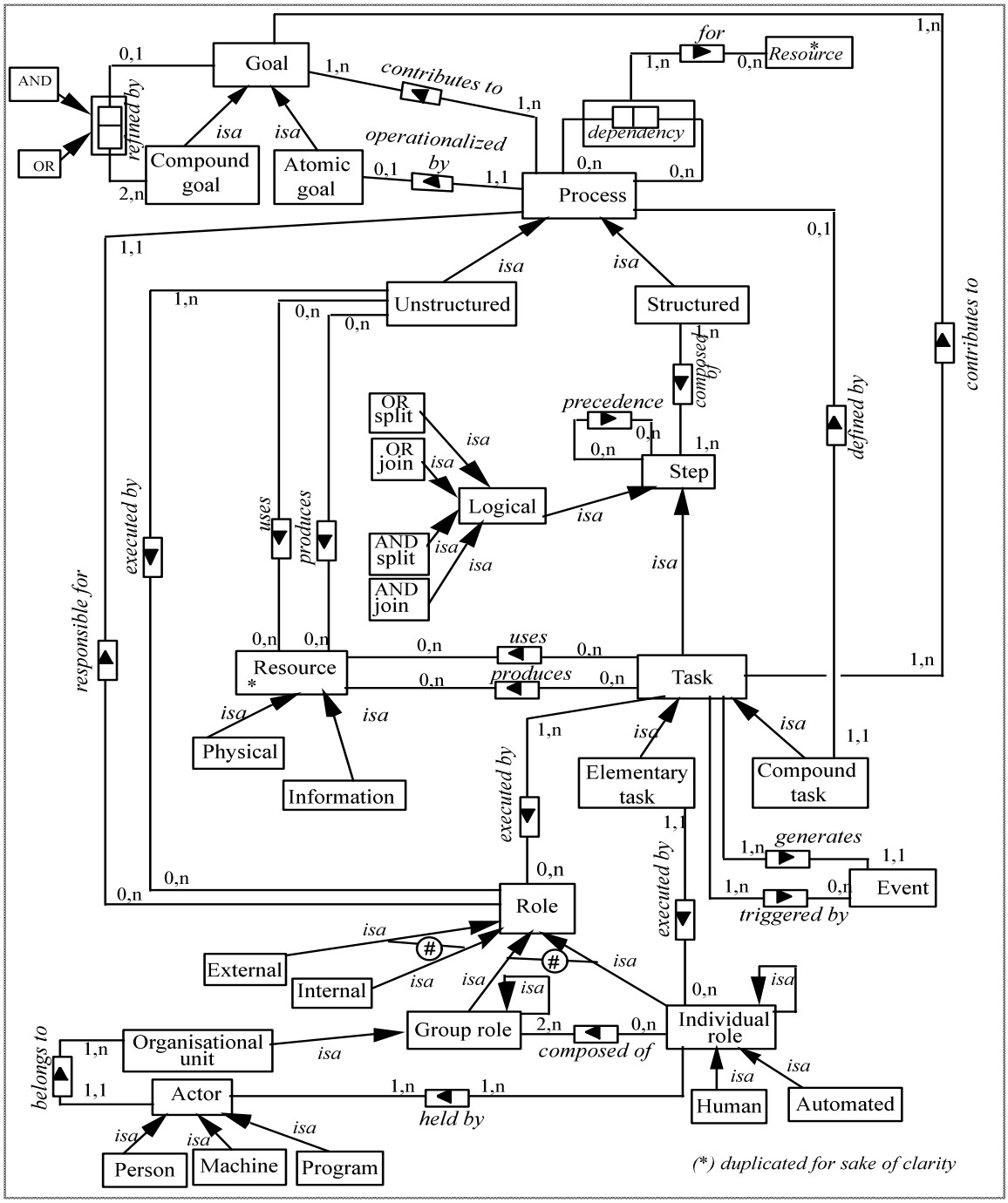

Figure 10- *Un méta-modèle générique pour la représentation de processus coopératifs*

Ce méta-modèle fait explicitement ressortir la différence entre les deux types de *processus structurés* et *non structurés* en offrant des concepts permettant la structuration des premiers en termes d'enchaînements de *tâches élémentaires* exécutées par des *rôles* joués par des *acteurs* et la représentation des seconds en termes de *ressources* organisationnelles manipulées, *rôles* et *acteurs* impliqués et bien évidemment *buts* accomplis. En effet, un processus coopératif est exécuté par plusieurs acteurs ayant des rôles bien définis dans l'entreprise. La réalisation de ces processus requiert l'utilisation de ressources organisationnelles. Dans le cas d'un processus structuré, le concepteur est en mesure d'associer ces rôles et ces ressources aux tâches qui composent le processus. Pour un processus ad hoc, les rôles qui interviennent et les ressources manipulées sont directement associés au processus, puisqu'il est impossible de définir ce processus ad hoc comme un enchaînement de tâches.

La représentation que l'on peut faire des processus peu ou pas structurés consiste alors, d'une part, à identifier les objectifs de l'entreprise que le processus permet d'atteindre, le rôle qui est responsable de son exécution, ses interdépendances avec les autres processus, et d'autre part à définir les ressources qu'il utilise et/ou qu'il produit et les rôles (et les acteurs) qui participent à son exécution.

Ce modèle générique a été publié dans [N98b][9] **et fut très peu cité (7 fois). Il est cependant à noter que le méta-modèle publié 8 années plus tard dans [N05b][10], et cité 24 fois, trouve ses fondements dans ces travaux.**

2.5. Conclusion

La prise en considération du travail coopératif pour et par les systèmes d'information conduit à deux problématiques distinctes :

- La conception coopérative des systèmes d'information : similaire à la co-conception dans d'autres domaines (par exemple la CAO)
- La conception des systèmes d'information intégrant le travail coopératif.

La seconde m'était parue plus prometteuse lorsque j'avais démarré cette recherche en 1991. Elle n'avait pas été explorée jusqu'alors et elle était plus en cohérence avec le projet de formation à distance des enseignants pour lequel j'avais été recrutée sur mon premier poste de maître de conférences.

La rigidité de l'exécution, requise par les normes qualité et assurée par la plupart des SGWF commercialisés, ne convient pas à tous les types de processus coopératifs. Par ailleurs, les processus de travail prédéfinis et bien structurés et les processus de travail émergents et peu/pas structurés (et que l'on retrouve souvent aujourd'hui sous l'intitulé 'knowledge-intensive') coexistent dans les entreprises comme nous l'avons montré dans ce chapitre. L'environnement de modélisation et d'exécution doit donc pouvoir gérer ces deux types de processus coopératifs. Il doit aussi rendre transparent aux acteurs les transitions entre les différents types d'activités et différents systèmes de support. Cala nécessite l'homogénéité et la cohérence des concepts et l'interopérabilité des supports logiciels utilisés.

Dans mes travaux sur le thème de travail coopératif, je me suis intéressée très tôt à l'**intégration** des formalismes de représentation des activités de coopération de natures variées dans un même environnement de modélisation. Cela me semblait être un pre-requis essentiel pour permettre la

[9] S. Nurcan. Main concepts for cooperative work place analysis. Proceedings of the XV. IFIP World Computer Congress Telecooperation, 31 août - 4 sept. 1998, Vienna, Austria, p. 21-36.

[10] S. Nurcan, M.-H. Edme. Intention Driven Modelling for Flexible Workflow Applications. *Special issue of the Software Process: Improvement and Practice Journal* on "Business Process Management, Development and Support", 10:4, 2005.

mise en œuvre (l'instanciation et l'exécution) des processus coopératifs de manière "sans couture" pour les acteurs impliqués.

Ces travaux ont conduit, en exploitant le principe de contingence proposé par la méthode OSSAD, à la proposition de la méthode CISAD pour l'analyse et la conception de systèmes (i) associant le workflow et les autres situations de travail coopératif, et (ii) offrant d'autres formalismes (communication, dialogue et argumentation) aptes à représenter les interactions entre coopérants qu'il s'agisse d'interactions synchrones ou asynchrones, formelles ou informelles.

Partant du postulat qu'un formalisme de représentation de processus coopératifs devait aussi offrir la possibilité de modéliser des processus peu (ou pas) structurés, mes premières recherches au sein du CRI m'ont conduit à proposer un méta-modèle pour la formalisation des processus coopératifs par extension du méta-modèle de processus de NATURE. Ce dernier ne prenait pas en considération l'existence de multiples acteurs au sein d'un processus et par conséquent leur coopération. Le méta-modèle de processus étendu fournit la rigueur requise pour les processus structurés (workflow) et supporte la flexibilité des processus coopératifs émergents.

La dernière étude que j'ai réalisée dans ce thème a produit un méta-modèle générique, basée sur l'état de l'art, pour les deux types de processus coopératifs, *structurés* et *non structurés*. Il inclut des concepts permettant (i) la structuration des premiers en termes d'enchaînements de *tâches élémentaires* exécutées par des *rôles* joués par des *acteurs* et (ii) la représentation des seconds en termes de *ressources* organisationnelles manipulées, *rôles* et *acteurs* impliqués et bien évidemment *buts* accomplis. La représentation que l'on peut faire des processus peu ou pas structurés consiste alors, d'une part, à identifier le but de l'entreprise que le processus permet d'accomplir, le rôle qui est responsable de son exécution, ses interdépendances avec les autres processus, et d'autre part à définir les ressources qu'il utilise et/ou qu'il produit et les rôles (et les acteurs) qui participent à son exécution. Nous retrouverons ces mêmes concepts dans le chapitre suivant dédié au thème 2.

Chapitre 3.

Modélisation déclarative et adaptative des processus d'entreprise

3. Modélisation déclarative et adaptative des processus d'entreprise

Les travaux rassemblés sous ce thème se situent dans un domaine plus large qu'est le BPM (Business Process Management). Le BPM est la discipline qui s'intéresse à l'ingénierie des processus des entreprises à l'aide des technologies de l'information [Debauche et al., 2004]. En ce sens, le BPM a pour objectif d'aider les entreprises à améliorer leur efficacité grâce à une meilleure coordination entre les ressources humaines et les systèmes et grâce à un support optimal et adéquat des premiers par les seconds [BPMDS, 2007]. Selon le livre blanc publié par TIBCO [TIBCO, 2007], les entreprises qui adoptent les méthodologies et les technologies BPM obtiennent un retour sur investissement rapide et tirent un meilleur parti de leurs systèmes existants. La même étude expose les résultats d'une enquête concluant que 80% des entreprises ont amélioré leur productivité, 95% ont amélioré leur qualité de service, plus de 80% ont réduit leurs coûts d'exploitation et informatiques, et 82% ont réduit la durée de leurs cycles de traitement. Ces observations expliquent en grande partie l'intérêt porté au BPM. Selon Gartner Group, le BPM demeure une priorité métier, et la capacité de construire des modèles de processus métier est toujours considérée comme un défi majeur [Gartner, 2009a].

Dans le milieu académique, le Business Process Management, et notamment le Business Process Modeling, est aussi devenu un domaine de recherche particulièrement actif. Notons, parmi les plus importantes manifestations dédiées à ce domaine : (i) la conférence internationale "Business Process Management" et (ii) la série internationale de workshops sur la modélisation, le développement et le support des processus métier (Business Process Modeling, Development and Support) qui est devenue une working conférence en 2011, en conjonction avec CAISE. La 1ère édition de BPM a eu lieu en 2003 à Eindhoven, Pays Bas, avec un comité de programme composé de chercheurs actifs dans le domaine de Workflow [BPM, 2003]. La 1ère édition de BPMDS a eu lieu en 1998 [BPMDS, 1998] ; ce workshop s'est rattaché, dès les premières années, à la conférence CAISE, qui fait référence dans le domaine de l'ingénierie systèmes d'information.

Pendant la dernière décennie, ce domaine de recherche s'est aussi intégré parmi les thèmes de recherche d'une multitude de conférences qui traitent essentiellement de l'ingénierie des systèmes d'information ou de l'ingénierie de systèmes informatiques telles que CAISE, Enterprise Computing Conference [EDOC, 2011], Business Information Systems [BIS, 2011], Cooperative Information Systems [CoopIS, 2011], etc. Les thèmes spéciaux des trois dernières éditions de CAISE, respectivement *Information Systems for Business Innovation* [CAISE, 2009], *Evolving Information Systems* [CAISE, 2010], *IS Olympics : Information Systems in a diverse world* [CAISE, 2011] mettent aussi en exergue l'importance de la modélisation des processus d'entreprise pour et dans l'ingénierie des systèmes d'information.

Le BPM nécessite des concepts appropriés pour la compréhension et l'ingénierie des processus d'entreprise et des systèmes d'information qui les supportent. La finalité est de construire des structures flexibles qui puissent s'adapter le plus rapidement et aisément possible aux changements

de l'environnement [N03b], [N04a], [**N05b**]. Les approches traditionnelles de modélisation ne satisfont pas les exigences de l'ingénierie des processus dans un contexte en constant changement. L'ingénierie des processus d'entreprise requiert des formalismes qui ont l'aptitude à représenter la nature variable et/ou évolutive des processus*.* Elle a besoin de représentations *flexibles* et *adaptables* dont l'exécution puisse évoluer selon les situations que l'on ne peut pas toujours 'prescrire'. Par ailleurs, notre expérience avec la modélisation des processus d'entreprise et l'ingénierie des systèmes d'information, dans un monde de fusions/acquisitions, réglementation/ déréglementation, externalisation, standardisation, et -envies- de mutualisation, montre que la quantité de détails à manipuler est très large et la maîtriser devient extrêmement difficile.

Pour composer avec ces deux contraintes (d'une part, le niveau de détail qui est *nécessaire pour* l'exécution opérationnelle des processus et qui est totalement *inopérant pour* raisonner sur le changement, et d'autre part, la nécessité incontournable de réagir aux changements), je propose d'adopter une perspective dirigée par les buts, et l'approche MAP [**N05a**], [**N05b**], [**N10a**], pour la ***modélisation intentionnelle*** (*et décisionnelle*) des processus avant d'en donner une spécification organisationnelle et opérationnelle. Une Carte a l'aptitude à visualiser une orchestration non figée des logiques de fonctionnement locales. Elle est de nature ***déclarative*** et non impérative (procédurale). En outre, la modélisation intentionnelle nous permet de capturer la ***variabilité*** des modèles de processus à un niveau intentionnel avant de zoomer sur les spécifications et les variantes au niveau organisationnel et opérationnel. L'avantage majeur de capturer les *familles de processus* à un haut niveau d'abstraction est de faciliter la mise en œuvre de modèles spécifiques dans des filiales ou entreprises différentes qui partagent toutefois les objectifs et certaines manières de faire appartenant à un *cadrage stratégique commun*.

Les processus d'entreprise sont soumis à des facteurs situationnelles dans leurs réalisations. Nous proposons de traiter ces besoins de flexibilité et d'agilité en utilisant deux mécanismes complémentaires qui vont nous permettre d'intégrer la *composante décisionnelle* dans la modélisation (mais aussi dans l'exécution) des processus : ***variabilité*** et ***conscience du contexte***.

Pour traiter de la ***variabilité*** des processus à un niveau organisationnel et opérationnel, nous avons besoin de modèles plus concis que les modèles dirigés par les activités classiques. Pour ce faire, nous nous sommes inspirés des modèles "acteurs/rôles" de EKD-CMM et du standard RBAC (Role Based Access Control) [Saidani, 2007/ER]. Nous avons étendu ce dernier à la modélisation des processus d'entreprise par l'expression des règles métier contextuelles relatives aux responsabilités [N06c]. Nous cherchons ainsi à développer une *méthode d'ingénierie des processus d'entreprise dirigée par les 'rôles'* qui vise à enrichir les démarches de modélisation dirigées par les activités et à compléter celles dirigées par les objectifs [N06c], [**N06d**], [N07c], [**N07f**].

Nous proposons une formalisation de la notion de ***contexte*** qui intègre plusieurs aspects qui peuvent caractériser non seulement un processus métier, mais aussi, les acteurs du processus et l'environnement dans lequel ce dernier s'exécute. L'objectif à terme est de pouvoir lisser dynamiquement la charge de travail des acteurs impliqués dans *l'ensemble des processus* d'une entreprise et de garantir ainsi la performance du *réseau de processus* qui structure le tissu organisationnel. Cela nécessite de raisonner sur la ***dynamicité*** et la ***configurabilité*** de chaque processus mais aussi du réseau de processus.

La recherche autour de la variabilité et la conscience du contexte est menée dans le contexte de la thèse d'Oumaima Saidani [**N06d**], [N07c], [**N07f**], [N08d], [N09c], [N09g]. *La recherche sur l'allocation dynamique des ressources pour assurer la dynamicité et la configurabilité des processus fait l'objet de la thèse de Kahina Bessai* [N08h], [**N09d**], [N10j], [N12c], [N12f], [N12g], [N12h].

3.1. Constats et motivations : vers un nouvel écosystème d'organisations en mouvement perpétuel

Dans un environnement évolutif, les entreprises ont besoin, d'une part d'intégrer les nouvelles solutions applicatives avec celles qui doivent subsister (systèmes hérités), et d'autre part d'orchestrer la mise en œuvre de leurs activités et l'usage des solutions technologiques dans un environnement

global et intégré. Cette finalité peut être atteinte en développant des solutions centrées sur les processus. Le paradigme de "management des processus d'entreprise" (Business Process Management) souligne la nécessité et la force de l'intégration par les processus par opposition à l'intégration par les données ou par les applications [Burlton, 1994], [van der Aalst et al., 2000].

3.1.1. Exigences d'agilité dans la modélisation et l'exécution des processus d'entreprise

Dans la recherche d'agilité de l'entreprise, il s'avère insuffisant de modéliser les processus de travail coopératifs en se focalisant uniquement sur leur adéquation aux besoins exprimés par une catégorie d'utilisateurs à un instant donné. Il est désormais essentiel de se préoccuper de l'aptitude de ces modèles de processus à rester cohérents avec les variations ponctuelles ou permanentes. En effet, les besoins des entreprises et de leurs partenaires varient suivant leur contexte d'exercice ainsi que les attentes et points de vue variables des acteurs concernés. Même dans des environnements très structurés, il semble difficile, voire impossible, de représenter toutes les activités et toutes les séquences possibles dans un modèle de processus statique et figé. En conséquence, les approches de modélisation traditionnelles ne peuvent répondre aux besoins d'ingénierie des processus que dans un contexte particulièrement stable où la flexibilité, la variabilité, l'évolutivité, l'adaptabilité, en un mot l'agilité, ne sont pas requises. Ceci explique l'intérêt croissant pour les recherches qui portent sur la flexibilité et l'évolutivité des processus métier [BPMDS, 2006].

L'évolution et l'adaptation des processus face à des variations inattendues sont peu aisées, notamment. Lorsque des déviations par rapport au modèle de processus s'opèrent, les instances de processus ne sont plus conformes à leur modèle. Des études réalisées par van der Aalst [van der Aalst, 2004] et Rozinat et al. [Rozinat et al., 2005] ont montré la présence de cette non conformité entre les modèles de processus et les instances réalisées. Les auteurs utilisent deux techniques : *l'analyse du delta* est utilisée pour comparer le modèle prédéfini et le modèle découvert (à partir des instances), et les *tests de conformité* pour quantifier l'adéquation entre le modèle prédéfini et les instances réelles, et pour localiser les défauts de conformité (que ces auteurs appellent défaut d'alignement). Ils font l'hypothèse que les acteurs ne sont pas complètement 'contrôlés' par le système et qu'ils ont la possibilité de dévier par rapport au modèle prédéfini. Cette déviation peut être expliquée par une définition 'rigide' du modèle de processus qui ne prend pas en considération des situations spécifiques d'exécution.

3.1.2. Une vision encore opérationnelle des acteurs et des rôles

Au sein d'une entreprise, tout acteur peut être amené à prendre des initiatives et des décisions, à coopérer ou changer son comportement face à une situation particulière. Vouloir définir a priori tous les comportements des acteurs est vain. Les comportements de ces derniers peuvent changer selon le contexte dans lequel l'entreprise et les acteurs eux-mêmes se trouvent. La modélisation des processus métier requiert alors d'une part, la compréhension et la prise en compte des besoins spécifiques des parties prenantes, et d'autre part, la prise en considération des compétences, connaissances et préférences variables des acteurs qui interviennent dans la définition et l'exécution des processus. En effet, les acteurs peuvent avoir des points de vue différents, voire contradictoires, pas seulement pour formaliser leurs besoins, mais aussi pour décider de la démarche appropriée pour la réalisation des activités qui sont sous leurs responsabilités.

Un certain nombre de travaux et de manifestations de recherche mettent l'accent sur l'importance de la prise en compte de l'utilisateur dans l'ingénierie des systèmes d'information en général [PECUSI, 2007], et dans l'ingénierie des processus d'entreprise en particulier [N07g], [N07j]. La dimension "acteur" doit être considérée avec la plus grande d'attention. Cependant, les langages de modélisation de processus représentent encore les acteurs avec une perspective purement opérationnelle. Dans le langage EPC (Event-driven Process Chain) par exemple, ce concept n'est intégré que dans la version étendue du langage, eEPC (extented EPC) qui offre la représentation des acteurs comme une option. L'accent est souvent mis sur les activités et les événements qui les déclenchent plutôt que sur les acteurs qui les réalisent.

3.1.3. Exigences d'utilisabilité pour les consommateurs de ces modèles et méta-modèles, les acteurs métier

Notre observation des travaux industriels et académiques sur l'ingénierie des processus d'entreprise a montré que (i) les principales préoccupations lors de la spécification des processus concernent principalement les niveaux organisationnel (qui fait quoi, quand, où et selon quel ordonnancement) et opérationnel (quels sont les contenus des activités), et (ii) les formalismes de modélisation les plus couramment utilisés sont ceux qui se concentrent sur la représentation des activités, rôles, et événements. BPMN (Business Process Modeling Notation) [Recker, 2009], [Recker, et al., 2007] et EPC [Mendling et al., 2008] qui sont les plus utilisés dans les communautés académiques et industrielles se focalisent essentiellement sur les aspects prescriptifs, opérationnels et techniques. Les modèles de processus ainsi produits sont souvent destinés à être traduits en langages exécutables [BPEL4WS, 2002], [ebXML, 2004]. Cela confère à ces formalismes une finalité technique et leur utilisation semble destinée aux développeurs qui vont transformer un modèle de processus en une spécification exécutable, plutôt qu'aux analystes ou designers. Or, ce sont ces derniers qui sont des acteurs métier, et par conséquent, responsables des choix organisationnels à faire pour construire des modèles de processus en cohérence avec les besoins métier.

Selon une étude réalisée par Indulska et al. [Indulska et al., 2009], la facilité d'usage des formalismes de représentation (méta-modèles de processus) est classée par les répondants parmi les dix premiers défis de la modélisation des processus. Une étude empirique effectuée par Recker et al. [Recker et al, 2007] auprès de quatre-vingt-dix utilisateurs appartenant à six entreprises différentes, conclut que les utilisateurs de BPMN rencontrent des problèmes de confusion lors de l'usage de certains constructeurs. L'étude a montré que plus de 50% des utilisateurs emploient le constructeur *lane* pour représenter deux ou plusieurs concepts (notamment, *rôle*, *unité d'organisation*, *domaine métier*), plus de 60% des utilisateurs utilisent le constructeurs "*Pool*" pour représenter deux ou plusieurs concepts (notamment, *unité d'organisation externe*, *domaine métier interne*), et certains constructeurs ne sont pas utilisés (*groupe* et *instances multiples*). Le manque d'expertise dans la modélisation des processus, qui ne se limite pas à la notation BPMN, est confirmé par des taux d'erreurs élevés constatés dans des projets réels (entre 10% et 20%) [Mendling et al., 2008], [Vanhatalo et al., 2007], [Gruhn et al., 2007].

3.1.4. Exigences d'utilité pour les parties prenantes des processus d'entreprise

Outre ces difficultés d'apprentissage et d'adoption observées, la plupart des langages de modélisation de processus ne permettent pas de décrire le propos du processus en lien avec les besoins des acteurs participants, autrement dit son "*pourquoi*". Un certain nombre de recherches [Ellis et al., 1994], [N97d], [Kueng et al., 1997], [**N05a**], [**N05b**], [Koliadis et al., 2006] , [Korherr, 2008], de rapports [TIBCO, 2007] et de manifestations scientifiques [BPMDS, 2002], [BPMDS, 2010], [WGBP, 2010] soulignent l'interêt de la modélisation orientée buts. Afin de garantir que l'ingénierie des processus d'entreprise soit appliquée à son plein potentiel, en vue de maintenir l'entreprise dans un état compétitif, il est nécessaire de comprendre comment ces processus permettent d'atteindre les objectifs de l'entreprise. Cela peut à la fois guider les décisions concernant les activités et les processus de l'entreprise, et aider à comprendre leurs priorités. Korherr *et al* affirment que la modélisation des buts est une étape essentielle dans la production de modèles de processus efficaces [Korherr, 2008] et étendent les formalismes de modélisation des processus DA-UML, BPMN et EPC par le concept de but. TIBCO [TIBCO, 2007] souligne les avantages procurés par la gestion orientée objectifs des processus métier, notamment l'implication des acteurs métier dans la conception des processus ; une souplesse permettant de résoudre les problèmes au moment où ils se produisent, plutôt qu'après ; la possibilité d'adaptation dynamique aux nouvelles conditions de fonctionnement. Selon Kueng *et al*, la modélisation des buts est essentiel dans la création des modèles de processus utiles [Kueng et al., 1997]; les auteurs préconisent d'utiliser les buts pour structurer l'étape de conception et identifier les activités du processus. Une expression claire des buts facilite aussi la compréhension des changements organisationnels qui doivent accompagner une réingénierie des processus. Sachant qu'une erreur est environ 100 fois plus coûteuse à corriger

après la mise en exploitation du système que pendant l'analyse des besoins [Boehm, 1981], [Moody, 2005], la modélisation des processus d'entreprise offre un levier important pour la maîtrise des projets de système d'information.

3.2. Etat de l'art

3.2.1. Ingénierie des processus

La modélisation des processus est une activité d'ingénierie visant à représenter la manière dont une entreprise appréhende et met en œuvre ses processus de travail actuels ou futurs [Indulska et al., 2009], [Davies et al., 2006]. Un modèle de processus décrit la manière de réaliser le processus au niveau type [Rolland, 1993], [OMG, 2002]. Il peut servir deux propos fondamentalement différents, *descriptif* ou *prescriptif* [Curtis et al., 1992], [Lonchamp, 1993]. Un modèle de processus descriptif vise à enregistrer et à offrir la trace de ce qui se passe pendant la réalisation des processus [Ramesh, 1993], [Gotel et al., 1996]. Un modèle de processus prescriptif décrit "comment les tâches doivent/peuvent être réalisées" ; des travaux s'y réfèrent comme des "way-of-working" [Seligmann et al., 1989]. On peut observer que ces derniers semblent se situer dans le même registre que les "work-flow". Un processus est une instance (occurrence) du modèle de processus. Le même modèle de processus est utilisé d'une manière récurrente pour la représentation de plusieurs (occurrences de) processus. Un méta-modèle de processus se situe au niveau méta-type (niveau M2 de MOF) qui décrit les concepts génériques utilisés pour spécifier un modèle de processus. Par exemple, les concepts utilisés par la notation BPMN (ex. rôle, activité, flux) sont décris au niveau méta-type ; ce niveau décrit le langage, le formalisme ou la notation, utilisé pour la modélisation des processus.

3.2.1.1. Processus dans le domaine de l'ingénierie des systèmes d'information

Un processus est réalisé pour produire un produit (qui n'est pas nécessairement un objet concret). Il a été défini dans le domaine des systèmes d'information comme la route à suivre pour obtenir le produit [Olle et al., 1988]. Jarke et Pohl [Jarke et al., 1993] définissent un processus comme une séquence de positions causant des transformations successives de ce produit sous l'influence de décisions prises dans les contextes traversés. Dowson [Dowson, 1987], [Dowson, 1993] classifie les modèles de processus selon l'artefact principal qu'ils manipulent :

(i) *Orientation activité* : un modèle de processus est défini comme un ensemble d'activités (types) ayant comme objectif la définition d'un produit, il est donc *prescriptif*. C'est le paradigme dominant dans la littérature qui consiste en une décomposition hiérarchique des activités [Royce, 1970], [Boehm, 1988], [Henderson-Sellers et al., 1990], [Rumbaugh et al., 1991], [Feiler et al., 1993], avec des possibles extensions pour s'échapper aux prescriptions comme avec des réseaux de Petri [Jacherri et al., 1992], [Bandinelli et al., 1993], des règles [Benali et al., 1989], [Emmerich et al., 1991], ou des triggers [Finkelstein et al., 1994]. La plupart de ces formalismes ont été inspirés du processus de programmation introduit dans [Osterweil, 1991]. Osterweil introduit une analogie entre les programmes et le processus de développement de ces programmes. Il défend ainsi l'idée qu'un processus de développement logiciel doit être décrit comme un programme exprimé dans un ou plusieurs langages similaires à des langages de programmation. Une fois défini, le programme processus (le modèle de processus) peut être alors exécuté. Le modèle de processus est ensuite utilisé pour contrôler l'exécution des instances de processus. Bandinelli *et al* affirment aussi que la description du processus joue le rôle d'un programme qui sera exécuté pour contrôler et gérer les instances de processus [Bandinelli *et al*., 1993]. Les modèles orientés activité sont essentiellement basés sur cette hypothèse, malgré les critiques émis par Lehman qui souligne que la "programmation" du processus permet de représenter uniquement les parties bien explicités des processus et non les parties créatives qui sont essentielles pour le développement [Lehman, 1987], comme l'usage des heuristiques, les choix d'alternatives, les decisions de retour sur trace.

(ii) *Orientation produit* : un modèle de processus comporte une série d'activités qui réalisent des transformations successives de produits pour atteindre le produit souhaité [Nadin et al., 1987], [Humprey, 1989], [Tomiyama et al., 1989], [Franckson et al. 1991], [Lonchamp, 1993], [Finkelstein et al., 1997]. Les méta-modèles correspondants privilégient le produit plus que l'activité qui transforme ce dernier. Les modèles de processus, intégrant l'état du produit en construction, permettent de mesurer de manière plus précise l'évolution d'un processus. Les diagrammes d'état (du produit) ont été utilisés dans la conception de systèmes complexes qui doivent continuellement interagir avec des stimuli externes et internes [Harel, 1990].

(iii) *Orientation décision* : un modèle de processus est défini comme un ensemble de décisions reliées ayant comme but la construction d'un produit [Potts, 1989], [Rose et al., 1991], [Jarke et al., 1992b], [Rolland et al., 1994]. Les méta-modèles correspondants ont un pouvoir d'expression supérieur aux deux précédents car ils permettent d'expliquer non seulement le déroulement du processus mais aussi "pourquoi" les transformations ont lieu [Lee, 1991], [Ramesh et al., 1992]. La notion d'activité est mise au second plan au profit de l'intention qui conduit à la décision. Les modèles d'argumentation (§ 2.4.2.3) adoptés ont leurs origines dans les travaux de Kunz et Rittel [Kunz et al. 1970] pour le développement d'un 'Issue-Based Information System'. Plusieurs variantes d'IBIS ont été proposées par la suite. Potts et Burns l'ont étendu pour supporter les processus de génie logiciel [Potts et al., 1988]. [Potts, 1989] met l'accent sur la prise de décision et le raisonnement qui y conduit ; le modèle de processus permet alors d'exhiber les raisons des choix effectués. Le propos est de représenter le processus de décision comme un réseau comportant des finalités, des options et des arguments. IBIS et ses variantes permettent de construire des modèles de processus *descriptifs*. Leur exécution (i) guide le processus de décision qui façonne le développement du logiciel, (ii) aide le raisonnement sur le pourquoi (rationale) des décisions et (iii) engrange la trace des délibérations associées. Cette capacité de capitaliser les décisions, qui ont conduit aux choix adoptés ou abandonnés, rend possible une réutilisation possible des connaissances, favorise l'apprentissage organisationnel, et facilite les évolutions futures du système.

Dowson définit trois domaines de processus interagissant [Dowson, 1993] dans le domaine de l'ingénierie de systèmes (Figure 1). Le premier domaine contient les modèles de processus. Le deuxième concerne les activités réalisées par les acteurs humains pendant la réalisation des processus. Toutes les activités et leur coordination doivent être supportées en cohérence avec le modèle de processus. Le dernier domaine concerne les caractéristiques d'un environnement logiciel qui supporte et guide la réalisation des processus tout en étant contrôlé par le modèle de processus. Lorsque les occurrences des processus sont différentes de ce qui était attendu par le modèle de processus, un feedback des traces de processus vers leur modèle permet d'améliorer ce dernier.

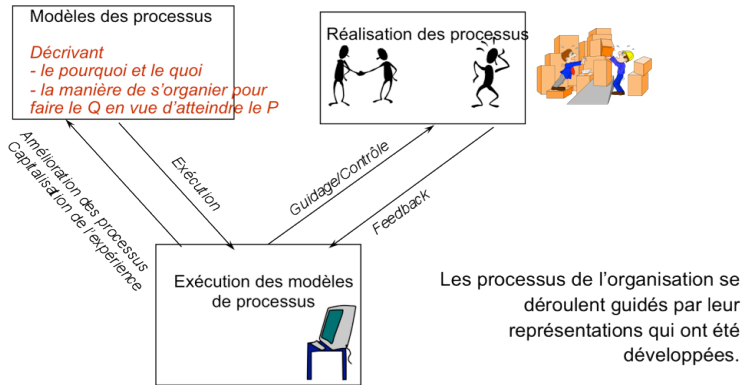

Figure 1 - *Domaines des processus selon Dowson*

Au début des années 90, la communauté de génie logiciel a fait le constat que même avec des modèles de processus prescriptifs, les pratiques ont des divergences par rapport à ces prescriptions [Russo et al., 1995], [Yourdon, 1992]. Un effort considérable a été porté sur ce problème. Une approche assez répandue a été de considérer les modèles prescriptifs comme étant justifiés et de les

modifier pour accommoder les processus réels. Cette modification fut conduite de deux manières : (i) les déviations autorisées par rapport aux prescriptions ont été modélisées comme des *contraintes* ; toute déviation qui satisfait les contraintes était par conséquent acceptable par le mécanisme d'exécution [Cugola et al., 1995], [Cugola, 1998] ; ou (ii) les changements dynamiques dans les processus ont été autorisés quand et comme c'était nécessaire [Bandinelli et al., 1993], [Dowson, et al., 1994], [Si-Said et al., 1996].

La communauté des systèmes d'information a fait des efforts considérables pour répondre à la nécessité d'adapter, voire d'étendre, les méthodes d'ingénierie de systèmes afin de satisfaire les besoins des praticiens. L'ingénierie des méthodes est le thème qui résulte de ces efforts pour accroître l'utilité des méthodes de développement en créant un cadre d'adaptation dans lequel les méthodes sont créées en vue de satisfaire les situations organisationnelles spécifiques [Welke et al., 1992], [Harmsen et al., 1994], [Rolland, 1997], [Ralyte et al., 2001].

Certains travaux dans ce domaine ont ciblé un relâchement de la prescription définie dans le modèle de processus. Les modèles de processus résultants, contextuels, ne spécifient plus ce qui doit être fait, mais ce qui peut être fait pour atteindre l'objectif du processus [Bubenko et al., 1994], [Rolland et al., 1995], [Pohl, 1996]. Ainsi, le modèle de processus comporte des manières alternatives de réaliser une tâche (ou d'accomplir une intention) et la sélection d'une manière précise est réalisée dynamiquement en fonction de l'état du produit au moment de cette sélection. La principale différence avec les approches de génie logiciel autorisant les déviations à la prescription est la suivante : la gestion des divergences par rapport aux prescriptions est une activité de gestion des exceptions dans les premières, alors que la sélection parmi les alternatives est une activité normale dans les seconds. Pour une revue complète des modèles de processus dans le domaine d'ingénierie des systèmes, voir [Rolland, 1998].

Les processus de l'ingénierie des systèmes d'information sont des processus qui se situent au cœur des métiers l'informatique. Ils peuvent être qualifiés de support ou de management (voir plus loin, § 3.2.1.3) dans toute autre entreprise dont le fond de commerce n'est pas l'informatique mais pour laquelle cette dernière est un outil incontournable et l'information un bien essentiel. Par conséquent, je considère que les processus logiciels, et plus globalement les processus IT (incluant ceux de la gouvernance du domaine IT d'une entreprise), sont des processus d'entreprise.

SOFTWARE PROCESSES ARE BUSINESS PROCESSES TOO.

3.2.1.2. Processus dans le domaine du management de l'organisation

Un processus est défini comme un ensemble d'activités qui, à partir d'une ou plusieurs entrées, produit un résultat représentant une valeur pour un client interne ou externe" [Hammer, 1990]. Le concept de processus est devenu, pendant les deux dernières décennies, un concept phare de la littérature en management [Melão et al., 2000], [Giard, 2000], inséparable des technologies de l'information et des systèmes d'information. Ainsi, dès 1990 Hammer insistait sur le fait que nous devions utiliser les capacités des technologies de l'information et de la communication afin de reconfigurer les processus d'entreprise. Comme nous le rappellent Bashein et Markus [Bashein et al., 1994], selon certaines études, 88 % des grandes entreprises ont, dès cette époque, mis en place des projets de BPR.

Force cependant est de constater que si le rôle des technologies de l'information a été très rapidement mis en avant dans les travaux sur le BPR, celui de l'information sur les processus a été peu étudié [Davenport et al., 1995], [Stoddard et al., 1995]. Peut-être est-ce là l'un des éléments qui explique que, toujours selon Bashein et Markus, au moins 70 % des projets de BPR se soldent par un échec pendant cette période faste de BPR au début des années 90. Il est donc légitime de s'intéresser à l'information sur les processus [Davenport et al., 1995], et finalement aux processus d'entreprise eux mêmes, à la représentation que l'organisation s'en produit [Lorino, 1997] et mémorise [Le

Moigne, 1986]. Ainsi situé, le système d'information permet de prendre en compte les dimensions synchronique (la production des informations) et diachronique (la capitalisation des informations) des processus d'entreprise [N02a].

3.2.1.3. Processus dans le domaine de la modélisation d'entreprise : ingénierie des processus d'entreprise

Depuis l'introduction par Hammer et Champy de la *vue centrée processus* du management des organisations, la modélisation des processus d'entreprise a gagné ses galons dans les communautés du management et de l'ingénierie des systèmes [Hammer et al., 1993]. A travers une meilleure compréhension obtenue par une représentation explicite de leurs processus, les chercheurs et les praticiens de la première communauté visent à améliorer la performance d'une organisation en passant par la réingénierie des processus, tandis que ceux de la seconde communauté s'efforcent à créer des instruments qui rendent possible la modélisation adéquate des processus réels d'une part et la conception et le développement des solutions technologiques d'autre part.

Les définitions d'un processus retenues dans la littérature se focalisent le plus souvent sur les éléments suivants : le résultat à atteindre, le découpage en activités ou tâches à exécuter, la structure logique d'ordonnancement de ces activités, les acteurs participant au processus, et les ressources utilisées par le processus (UML, BPMN, BPML, EPC, …).

Un processus d'entreprise est défini par la WfMC [WfMC, 1999] comme "*A set of one or more linked procedures or activities which collectively realise a business objective or policy goal, normally within the context of an organisational structure defining functional roles and relationships*". La définition normalisée par ISO 9001:2000 [Tricker, 2006] représente un processus comme un ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforment les éléments d'entrée en éléments de sortie. Davenport et Short [Davenport et al., 1990] définissent un processus d'entreprise comme un ensemble de tâches reliées d'une manière logique et réalisées pour parvenir à un résultat métier défini. La définition adoptée en 2005 par OMG (Object Management Group™) et BPMI (Business Process Management Initiative), après l'annonce de leur fusion, est aussi orientée activité.

De même qu'il est nécessaire d'avoir recours à différentes technologies d'information et de communication pour supporter les processus d'entreprise de natures différentes, il semble indispensable d'utiliser pour leur définition des méta-modèles avec des capacités de représentation différentes. Un grand nombre de méta-modèles de processus ont été développés pour les processus de développement logiciel et pour les processus dits "métier" [Harel, 1990], [Rumbaugh et al., 1991], [Ramesh et al., 1992], [Jacobson et al., 1992], [Armenise et al., 1993], [Bandinelli et al., 1993], [Marca et al., 1993], [Bubenko, 1994], [Jarzabek et al., 1996], [Decker et al., 1997], [Eriksson et al., 2000]. Il en va de même pour des environnements logiciels destinés à supporter la construction, et l'administration, des modèles de processus (Aris [Scheer et al., 2002], Workflow analyser, Process Model, Extend+BPR) et finalement les SGWF qui contrôlent leurs exécutions afin de guider les processus réels [Medina-Mora et al., 1992], [Palermo et al., 1992], [McCarthy et. al, 1993], [van der Aalst et al., 2002]. La majorité de ces modèles se concentrent sur le "qui" fait "quoi", "quand" et "où", en d'autres termes sur la prescription de la mise en œuvre opérationnelle des activités individuelles pour produire les résultats (produits) attendus. Ces travaux ont fait preuve de leur utilité pour améliorer les performances opérationnelles des processus d'entreprise, en particulier pour gérer et améliorer la coordination des activités métier [Rummler et al., 1995].

La modélisation de processus d'entreprise s'effectue principalement selon trois vues distinctes :

(i) la vue fonctionnelle qui est exprimée en utilisant des diagrammes de flux de données [DeMarco, 1979], [Ross, 1985], [Marca et al., 1993] ;

(ii) la vue comportementale qui vise à décrire quand et sous quelles conditions les activités sont réalisées et qui est exprimée par des diagrammes d'états ou d'interactions [Harel, 1990], [Jacobson et al., 1992]; et

(iii) la vue structurelle qui capture les objets métiers qui sont manipulés par les processus d'entreprise et leurs relations [Rumbaugh et al., 1991].

Une autre typologie de méta-modèles permettant de représenter des processus coopératifs a été présentée au chapitre 2 (§ 2.4.2). Il s'agit des modèles de communication, de dialogue (action-coordination) et d'argumentation [N95b], [N96a].

> L'état de l'art sur les modèles de processus et les modèles de workflow présenté dans [N98b] aboutissait sur une synthèse des méta-modèles étudiés dans le domaine de modélisation de processus coopératifs (§ 2.4.4, Figure 10). Ce ***méta-modèle de synthèse*** permet de représenter aussi bien les processus bien structurés que les processus ad hoc ou peu structurés et constitue l'une des bases de nos travaux autour de la représentation de la flexibilité des processus d'entreprise [**N05b**].

Malgré le fait que la modélisation de processus d'entreprise est apparue comme une pièce maîtresse pour améliorer la performance opérationnelle, elle a aussi montré ses insuffisances pour aider les entreprises à faire face au défi de la compétitivité dans un environnement constamment changeant. Parmi d'autres, Rummler [Rummler et al., 1995] souligne qu'une vision plus systémique de l'entreprise est nécessaire pour gérer le problème dans son ensemble et suggère d'abstraire les détails des processus dans un modèle de buts.

Selon le fascicule de documentation FD X 50-176 publié par l'AFNOR en 2000, la norme AFNOR distingue trois grandes familles de processus [AFNOR, 2005]. Cette catégorisation est aussi utilisée dans la communauté internationale de "Management Information Systems" [Laudon et al., 2009].

- *Les processus de réalisation* contribuent directement à la réalisation du produit (ou service), de la détection du besoin du client à sa satisfaction. Ils sont dans le cœur de métier de l'entreprise qui fabrique, commercialise, répare, prête, loue... Ils regroupent toutes les activités dédiées au cycle de vie du produit ou du service qui est la raison d'être de l'entreprise et peuvent aussi englober les activités comme le marketing, le développement des nouveaux produits, la vente, la conception, la production, la prestation, etc.
- *Les processus de support ou soutien* sont indispensables au fonctionnement de l'ensemble des processus en leur fournissant les ressources nécessaires. Ils comprennent notamment les activités liées aux ressources humaines, ressources financières, installations et leur entretien (locaux, équipements, matériels, logiciels, etc.), traitement de l'information. Selon la finalité de l'organisme considéré, un même processus peut être considéré comme processus de réalisation ou comme un processus de support. Ainsi, la gestion des ressources humaines et de compétences, qui est un processus de support dans une société qui produit des voitures devient un processus de réalisation, voire de management, pour une société d'intérim.
- *Les processus de management ou de direction (développement, pilotage, gouvernance)* participent et contribuent à la détermination, à l'élaboration de la politique et au déploiement des objectifs dans l'organisme. Ils définissent les fils conducteurs des processus de réalisation et de soutien, ils les pilotent, les surveillent, les mesurent, les modifient ou les remplacent si nécessaire. Ces processus peuvent intégrer la planification stratégique, le pilotage de l'amélioration continue, le management de la qualité, l'innovation, la gouvernance d'entreprise, la gouvernance du système d'information.

Cette catégorisation d'AFNOR est liée au propos des processus au sein d'une entreprise. Il existe une autre classification, obtenue en croisant les variables "valeur ajoutée pour l'entreprise" et "répétitivité", qui a été initialement définie pour les applications workflow [McCready, 1992], [Alonso et al., 1997] mais qui est appropriée pour décrire les processus d'entreprise.

- *Processus de production* qui sont répétitifs et prédictibles; ils correspondent aux processus de réalisation de l'entreprise bien définis et comportent des accès à de nombreuses applications logicielles à partir de leurs activités. C'est la catégorie de processus d'entreprise la plus proche des solutions SGWF et du méta-modèle de processus adopté par le WfMC [WfMC, 1999].
- *Processus administratifs* qui sont aussi répétitifs et prédictibles mais concernent les processus de support ; et peuvent se satisfaire de solutions logicielles plus légères, de type messagerie.

- *Processus collaboratifs* qui comportent des tâches itératives jusqu'à l'obtention d'un accord entre participants; il s'agit d'un type de processus très difficile à gérer avec les SGWF habituels qui utilisent des formalismes orientés activités car il est impossible de connaître a priori le nombre de boucles ; la coordination est essentiellement assurée par les acteurs du processus.
- *Processus ad hoc* qui n'ont pas de structure prédéfinie; le support logiciel est limité à des méchanismes de communication pour acheminer les données d'une instance d'un acteur à l'autre, et aussi des fonctionnalités de trace ; ce type de processus peut permettre de gérer les exceptions; la coordination est contrôlée par les acteurs.

Les SFWF commercialisés sont appropriés pour l'exécution de modèles de processus d'entreprise bien définis et répétitifs (production et administratif) si toutefois ces processus ne requièrent pas d'évolution de leur modèles ou instances. Ils ne peuvent pas être utilisés d'une manière efficace pour les processus peu structurés (collaboratifs et ad hoc).

3.2.2. Perspectives et propos de la modélisation des processus d'entreprise

Les informations représentées et les artefacts utilisés dans un modèle de processus dépendent de la finalité de la modélisation (§ 1.4). Les processus métier peuvent être étudiés selon une ou plusieurs perspectives qui peuvent être catégorisées de la manière suivante :

- la perspective fonctionnelle représente le "quoi", ce que le processus doit faire ;
- la perspective organisationnelle représente "où", "par qui" et "sous la responsabilité de qui" les activités sont effectuées ;
- la perspective comportementale représente "quand" les activités sont exécutées, et les contraintes régissant ces activités ;
- la perspective informationnelle représente les objets métiers manipulés par un processus, leurs structures et les liens établis entre eux [Curtis et al., 1992], [van der Aalst et al., 2003a] ;
- la perspective opérationnelle décrit les activités exécutées durant le processus [van der Aalst et al., 2003a] ;
- la perspective intentionnelle décrit les objectifs du processus [Rolland et al., 1999], [**N05a**], [**N07a**];
- la perspective décisionnelle représente "par qui" les choix décisionnels sont effectués au moment de l'exécution des processus [**N05b**], [**N08c**].

Par exemple, IDEF0 [Ross, 1985], [Marca et al., 1993] couvre la perspective fonctionnelle et effleure la perspective informationnelle, IDEF1 couvre la perspective informationnelle et IDEF3 les complète par la perspective comportementale pour définir les processus métiers. STATEMATE [Harel, 1990] couvre les perspectives ''qui, quoi, où, quand et comment'' en utilisant des diagrammes d'activités et d'états. Les formalismes utilisés pour spécifier des applications workflow appartiennent à la seconde catégorie [Ellis et al., 1994], [Medina-Mora et al., 1992], [McCarthy et. al, 1993].

Une variété de formalismes peut être employée pour la spécification des processus couvrant une ou plusieurs parmi les perspectives citées. Ces langages peuvent être classés selon leurs orientations. Certains sont basés sur des modèles de processus d'ingénierie des logiciels et des systèmes. La classification proposé par Dowson [Dowson, 1987] (§ 3.2.1.1) a été étendue par les modèles de processus orientés contexte [Rolland, 1998], [**N99a**]. Zur Muehlen [zur Muehlen, 2004] identifie les perspectives *activités* (le modèle de processus est construit comme un réseau d'activités), *objets* (le modèle est construit comme une séquence de changements d'états des objets du processus) et *ressources* (le modèle de processus est construit comme réseau de postes ou stations de travail qui interagissent les unes avec les autres).

La méthode EKD-CMM (Enterprise Knowledge Development – Change Management Method) permet de représenter les processus d'entreprise [**N03a**], [N03b] selon trois perspectives (§ 4.4.1.2): en portant un intérêt plus particulier sur les acteurs qui interviennent et leurs interrelations, sur les activités réalisées et leur ordre d'exécution, sur les objets métier manipulés. Les *modèles de processus* résultant de ces descriptions (*modèles acteur/rôle*, *modèles rôle/activité*, *modèles d'objets*) nécessitent l'utilisation de concepts, et donc de méta-modèles, différents. Les

différents modèles d'entreprise, obtenus par instanciation des ces méta-modèles, doivent être connectables et cohérents, car ils décrivent les perspectives complémentaires sur le même élément, le *processus d'entreprise*.

Selon Davies et al., [Davies et al., 2006] la modélisation des processus est considéré parmi les six premières finalités de la modélisation conceptuelle.

La modélisation des processus métier est un pré requis pour les entreprises qui souhaitent s'engager dans des activités d'ingénierie ou de réingénierie de leurs processus. Son intérêt est reconnu dans plusieurs domaines d'ingénierie [Indulska et al., 2009] notamment :

- *La réingénierie et l'amélioration des processus métier* [Kohliet et al., 1997], [**N08f**] qui consiste à réviser les processus existants et à les faire évoluer, à la fois pour moderniser et pour éliminer les activités ne produisant pas de valeur [Davenport et al., 1990].
- *L'alignement 'Métier-SI'* [Chan et al., 2007], [Bleistein et al., 2006] et la *conduite de changement* [N02c], [**N99d**] ont conduit à représenter non seulement la facette informationnelle, mais aussi la facette métier d'une entreprise [Reijswood et al., 1999], [Etien, 2006].
- *La découverte des exigences que doivent satisfaire les systèmes d'information*. Une approche en deux étapes est proposée dans [De la Vara et al., 2008] : (i) la modélisation des processus métier (en utilisant BPMN) et (ii) la modélisation des buts de l'entreprise et des stratégies permettant leur satisfaction (en utilisant le méta-modèle MAP).
- *Le développement des systèmes d'information orientés processus* (PAIS - Process-Aware Information Systems) [Dumas et al., 2005], [Van der Aalst et al., 2003a]. Les SGWF sont des exemples types de tels systèmes (FLOWer, COSA, Staffware, WebSphere).
- *La gestion de la connaissance et la capitalisation de l'expérience (l'apprentissage organisationnel)*. Les modèles de processus représentent la partie explicite (ou explicitée) de la connaissance d'entreprise ; ils sont considérés comme un capital réutilisable pour créer de la valeur.

Cette étude [Indulska et al., 2009] adopte un cadre de travail à cinq dimensions (stratégique, organisationnelle, managériale, opérationnelle, et infrastructure IT) pour identifier les bénéfices de la modélisation des processus d'entreprise et raisonne sur trois catégories de parties prenantes. Elle conduit à trois listes comportant chacune les dix principaux avantages de la modélisation des processus perçus par (i) des praticiens (ex. analystes métier, gestionnaires, etc.), (ii) des vendeurs de solutions logicielles BPMS (Business Process Management System), et (iii) des chercheurs. La Figure 2 montre les principaux résultats de cette étude qui a relevé d'autres intérêts de la modélisation des processus tels que la gouvernance, la simulation, la vérification, et la mesure de performance des processus.

Rank	Practitioners		Vendors		Academics	
	Benefit	Mean Rating	Benefit	Mean Rating	Benefit	Mean Rating
1	Process improvement	11.24	Process improvement	13.00	Model-driven process execution	13.44
2	Process performance measurement	10.29	Understanding	10.17	Understanding	12.88
3	Understanding	9.32	Communication	8.56	Process improvement	10.12
4	Change management	9.11	Process performance measurement	8.33	Process simulation	9.28
5	Requirements specification	8.84	Model-driven process execution	8.17	Process verification	7.84
6	Process analysis	8.63	Process analysis	7.17	Communication	6.80
7	Communication	7.26	Knowledge management	6.78	Re-use	6.44
8	Alignment	6.74	Transparency	6.44	Documentation	5.88
9	Knowledge management	6.05	Visualization	5.78	Ease of use	4.92
10	Re-use	5.63	Governance	5.44	View integration	4.64

Figure 2- *Dix avantages de la modélisation des processus pour trois publics [Indulska et al., 2009]*

Bien que la *compréhension* et l'*amélioration des processus* soient cités en première place par les trois catégories de public, la *gestion du changement*, et l'*alignement* ne sont pas identifiés par les chercheurs interrogés, alors qu'ils le sont pour les 'consommateurs' de ces modèles, les praticiens. En revanche, la *documentation* est clairement identifiée comme bénéfice par les chercheurs. Notre expérience dans ces domaines montre que la documentation des biens intangibles d'une entreprise (la connaissance structurée et engrangée sous forme de modèles de processus, de buts, de systèmes, d'architecture logicielle et d'alignement) est indispensable pour assurer, démontrer, communiquer, faire évoluer l'alignement et la cohérence entre les éléments réels de l'entreprise et entre les artéfacts qui les représentent, pour conduire le changement et pour tenir le cap en cas de changements souvent forcés. Autrement dit, la modélisation des processus d'entreprise en soi est insuffisante pour assurer l'alignement, la gestion du changement, et la gouvernance de l'entreprise et du système d'information si elle n'est pas *documentée* et *capitalisée* (voir § 1.4). Ces points seront développés dans les sections 4.2 et 4.4 de ce document.

3.2.3. Exigences de flexibilité pour la modélisation et le contrôle des processus

Dans un premier temps, j'ai étudié les approches de workflow considérées flexibles ou adaptatives dans la littérature. La figure 3 montre les propriétés de ces approches, dont nous allons discuter dans cette section, en les situant dans le cycle vie bien connu des applications de gestion de processus d'entreprise (WFMS et BPMS). J'ai ensuite analysé ces *propriétés* au regard des exigences de flexibilité concernant les processus d'entreprise.

L'article qui présente cette revue de la littérature [N08c][11] et qui propose une synthèse structurante pour les exigences de flexibilité concernant les processus d'entreprise (Figure 4) **a été cité 41 fois.**

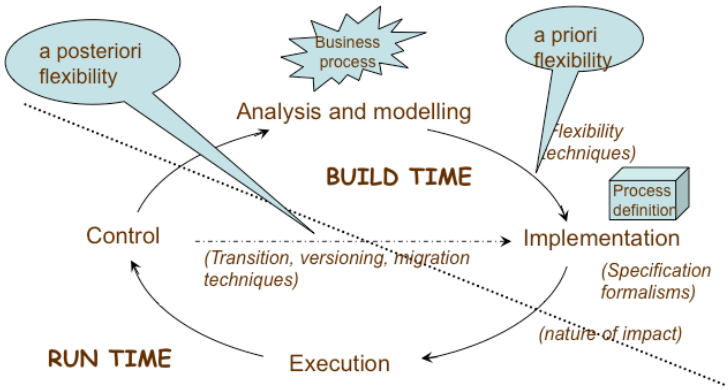

Figure 3- *Cycle de vie des applications de gestion de processus, nature et propriétés de la flexibilité*

La flexibilité a été le propos de nombreux travaux et il en existe de multiples définitions [Rosemann et al., 2006a], [**N06d**], [Schmidt, 2005]. Elle a été adressée dans les systèmes manufacturiers en se focalisant sur la capacité de production [Shi et al., 2003]. De nombreuses tentatives ont été réalisées dans le but de construire un mécanisme efficace pour traiter les exceptions pendant l'exécution [Casati et al., 1999] ou pour construire un modèle de workflow 'sans exception' [Khomyakov et al., 2001], [Liu et al., 2004]. La flexibilité est souvent définie par la capacité d'adaptation rapide des processus à des exigences de changement. Regev et al. [Regev et al., 2005] la définissent comme *la capacité de plier devant les changements sans rompre ('yield under the influence of the environment without breaking')*. Soffer définit la flexibilité d'un processus

[11] S. Nurcan. A survey on the flexibility requirements related to business processes and modeling artifacts. Proceedings of the 41st Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Big Island, Hawaii, USA, 7-10 January 2008.

métier comme *la capacité de réaliser des changements dans le modèle et/ou les instances de processus en changeant seulement les parties qui doivent être changées et en conservant les autres stables* [Soffer, 2005]. Nous avons défini la flexibilité [**N06d**] comme *la capacité de faire un compromis entre, d'une part, la satisfaction des besoins de l'entreprise lorsque des changements organisationnels, fonctionnels et/ou opérationnels surviennent, et d'autre part, le maintien de l'efficacité du processus*. La flexibilité est aussi celle des systèmes qui contrôlent les processus à s'ajuster aux changements du métier.

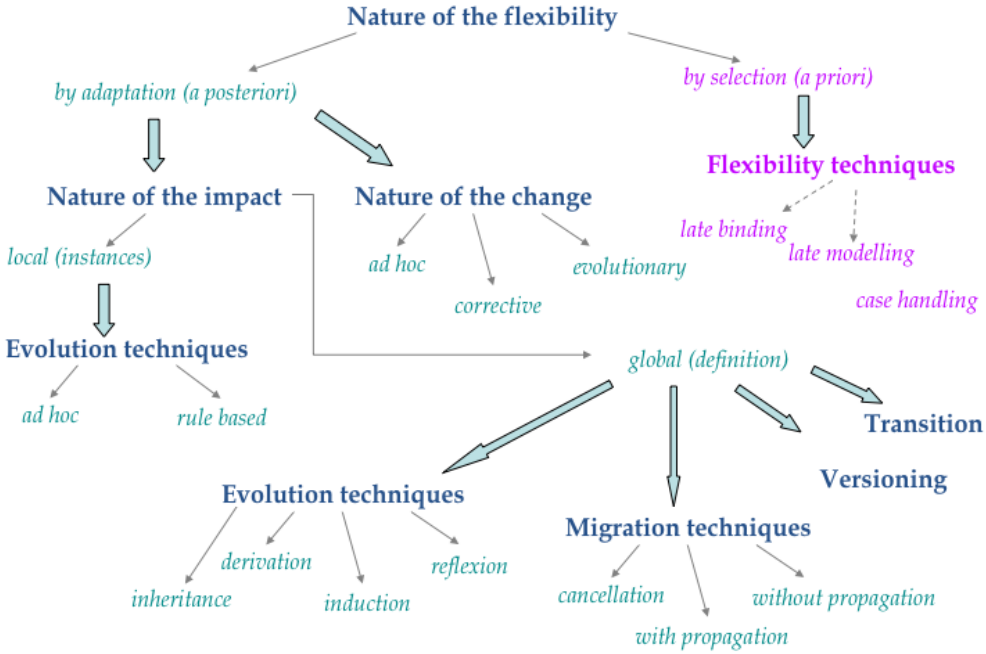

Figure 4- *Exigences de flexibilité à considérer dans la modélisation des processus et le choix des systèmes de support* **[N08c]**

La **nature de la flexibilité** définit si la capacité de prendre en considération les changements de l'environnement doit être incorporée dans le modèle de processus durant la phase de conception (build time) ou non.

La flexibilité par adaptation (a posteriori) permet d'adapter la définition du processus ou ses instances durant leurs exécutions. C'est le cas le plus répandu dans la littérature. Le défi principal est alors de savoir (i) quand et selon quels critères l'adaptation doit être réalisée ? (ii) à quel niveau, modèle ou instances ? (iii) comment les instances en cours d'exécution doivent être traitées ? Les approches qui offrent ce type de flexibilité sont basées sur des formalismes prescriptifs. Je considère que les modèles de processus résultants ne sont pas flexibles mais plutôt *adaptatifs*. En effet, ces approches ne peuvent pas anticiper la capacité à changer durant la phase de conception. Les formalismes prescriptifs sont appropriés pour spécifier les processus qui requièrent un fort degré de contrôle et de prédiction et pour lesquels la nécessité de changement reste une exception. Cela concerne les *workflow de production*. En synthèse, un modèle de processus qui subit trop souvent des transformations souffre de la faiblesse du formalisme utilisé pour le décrire ; ce dernier est trop rigide pour être à même de capturer la nature dynamique du processus d'entreprise.

La flexibilité par sélection (a priori) est au contraire basée sur les formalismes qui peuvent offrir la capacité à composer avec le changement sans qu'il soit nécessaire de modifier les modèles de processus [Borghoff et al., 1997], [Herbst et al., 1999], [Sadiq et al., 1999], [van der Aalst et al., 1999], [van der Aalst, 2001], [Klein et al., 2000], [Weske, 2001], [Dadam et al., 2003]. En d'autres termes, cette capacité doit être incorporée dans les modèles de processus pendant la phase de conception (build-time). Selon [Siebert, 1998], l'une des solutions pour supporter l'adaptabilité serait de l'éviter en combinant des mécanismes d'exécution flexibles avec des techniques de modélisation puissantes pour réduire le besoin d'adaptabilité. On se situe alors dans la catégorie des modèles de processus descriptifs. Ainsi les instances du processus seront toujours en cohérence avec le modèle. Cela

nécessite que le moteur qui contrôle les instances puisse exécuter des spécifications 'incomplètes'. Ce sera aux acteurs du processus de faire les choix pour la sélection (i) d'un composant de processus (construction dynamique d'une instance) [Mangan et al., 2003], (ii) d'un chemin d'exécution parmi plusieurs options, (iii) d'un comportement à associer à un composant de processus (acteur, activité, ressource, ...) , (iv) d'une manière d'exécuter une activité [Faustmann, 1998] ou (v) d'une stratégie à adopter pour l'interprétation d'un modèle de processus par le moteur d'exécution [Belhajjame et al., 2001].

La **nature de l'impact** définit si le changement va impacter le modèle ou les instances du processus. Elle est applicable si la nature de la flexibilité est *a posteriori*. L'impact est *local* si la transformation concerne les instances. Il est nécessaire de détecter si elle peut avoir des impacts indirects sur d'autres instances [Dellen et al., 1997], [Faustmann, 1998], [Klein et al., 2000], [Klingemann, 2000], [Dadam et al., 2003]. L'impact est *global* si la transformation concerne le modèle de processus [Borghoff et al., 1997], [Herbst et al., 1999], [Kradolfer et al., 1999], [Sadiq et al., 1999], [van der Aalst et al., 1999], [Agostini et al., 2000], [van der Aalst, 2001], [Weske, 2001], [Dadam et al., 2003], [**N05a**]. Le problème classique concerne alors les instances en cours de ce modèle ; comment sera-t-il possible de propager la transformation sur ces instances ?

La **nature du changement** indique pour quelle raison l'adaptabilité du processus est souhaitée. Elle est applicable si la nature de la flexibilité est *a posteriori*. Le changement *ad hoc* se fait de manière dynamique sur une ou plusieurs instances, lorsque le modèle de processus est jugé incompatible avec le contexte d'exécution [Dellen et al., 1997], [Faustmann, 1998], [van der Aalst et al., 1999], [Klingemann, 2000] ; son impact est local. Le changement *correctif* a pour but de corriger une erreur de conception ou de réagir à une exception durant l'exécution [Borghoff et al., 1997], [Klein et al., 2000], [**N05a**] ; son impact peut être local ou global. Le changement *évolutif* s'effectue suite à une reconfiguration du processus [Kradolfer et al., 1999], [Sadiq et al., 1999], [van der Aalst et al., 1999], [van der Aalst, 2001] ; son impact est global.

Le **formalisme** permet de préciser le paradigme adopté pour la représentation des modèles (§3.2.1.1) : *orienté activité, produit, décision/intention, conversation*. Les formalismes orientés décision adressent la question du "pourquoi" et permettent d'envisager des solutions organisationnelles alternatives pour un but métier donné [Dellen et al., 1997], [Faustmann, 1998], [**N05a**]. L'acteur est considéré comme plus qu'un simple exécutant, il est également un décideur ayant le choix entre plusieurs chemins alternatifs qui ne peuvent pas être entièrement prédéfinis ou plusieurs manières de réaliser une activité [Robinson, 1996].

La **transition** définit s'il existe un modèle de transition (graphe pont ou de conformité) faisant passer une instance d'un ancien modèle vers un modèle cible [Borghoff et al., 1997], [Sadiq et al., 1999], [van der Aalst et al., 1999], [van der Aalst, 2001]. Elle est applicable si la nature de la flexibilité est *a posteriori* et l'impact du changement est *global.* C'est l'une des difficultés principales dans la modification dynamique de processus : que fait-on des instances en cours dont le modèle a été modifié ? La réponse est corrélée avec la propriété 'techniques de migration'.

Le **versionnage** définit si l'approche autorise l'existence de plusieurs versions d'un même modèle de processus. Elle est applicable si la nature de la flexibilité est *a posteriori*. Le versionnage donne un moyen de garder la compréhension de l'évolution du processus et une possibilité d'anticiper des futures transformations [Kradolfer et al., 1999], [Sadiq et al., 1999], [Dadam et al., 2003].

Les **techniques d'évolution** définissent les techniques adoptées pour faire évoluer les modèles et/ou instances du processus. La propriété est applicable si la nature de la flexibilité est *a posteriori*. Dans les techniques *ad hoc,* des actions totalement arbitraires (créatives) sur l'instance ou sur le modèle de processus sont réalisées [Borghoff et al., 1997], [Dellen et al., 1997], [Kradolfer et al., 1999], [Sadiq et al., 1999], [Agostini et al., 2000], [Klingemann, 2000], [Dadam et al., 2003]. Le changement ad hoc doit pouvoir être toléré uniquement sur les instances [van der Aalst et al., 2003c]. Dans les techniques de *dérivation,* le problème est de faire évoluer les instances en cours, qui sont contrôlées par le modèle source, vers un modèle cible connu ; cela nécessite souvent un modèle de transition [Borghoff et al., 1997], [Kradolfer et al., 1999], [Sadiq et al., 1999], [Weske,

2001]. La technique d'*héritage* exploite cette notion bien connue dans la modélisation objet et introduit la notion de 'modèle générique' [van der Aalst et al., 1999], [van der Aalst, 2001]. La technique d'*induction* se base sur la découverte du modèle de processus à partir de l'exécution de ses instances [Herbst et al., 1999] en utilisant des mécanismes d'apprentissage inductifs. La technique de *réflexion* propose des processus capables de contrôler et de modifier leurs propres comportements de manière automatique ou par intervention des acteurs [Borghoff et al., 1997], [Edmond et al., 1998]. Les techniques *à base de règles* sont utilisées dans le but de faire évoluer les instances en fonction d'événements qui surviennent durant leur exécution [Sadiq et al., 1999], [Klein et al., 2000] ; ces événements sont répertoriés et associés à des comportements réactifs et correctifs.

Les **techniques de migration** définissent le comportement à adopter concernant les instances en cours en cas de modification de leur modèle. La propriété est applicable si la nature de la flexibilité est *a posteriori* et la nature de l'impact *global.* Avec *annulation*, l'exécution des instances impactées est annulée ; de nouvelles instances sont créées selon le nouveau modèle [Kradolfer et al., 1999]. *Avec propagation,* la modification du modèle est propagée sur les instances en cours d'exécution ; c'est la technique la plus complexe car elle nécessite un modèle de transition qui assurerait la conformité des instances en cours avec le modèle cible [Kradolfer et al., 1999], [Dadam et al., 2003]. La propagation de la modification des instances peut être déferrée ; les instances sont alors exécutées selon l'ancien modèle jusqu'à ce qu'elles atteignent un état stable [Agostini et al., 2000], [Weske, 2001]. *Sans propagation*, les instances en cours continuent leurs exécutions suivant l'ancien modèle, les nouvelles instances sont planifiées selon le modèle cible (cela nécessité du versionnage).

Les **techniques de flexibilité** permettent le déploiement de fragments incomplets de processus qui seront raffinés au cours de l'exécution. La propriété est applicable si la flexibilité est *a priori*.

Allocation tardive : le comportement des différentes entités du processus peut être défini durant l'exécution. Il n'y a pas de modification du modèle mais un choix est offert entre plusieurs alternatives d'exécution [Dellen et al., 1997] pouvant correspondre à l'association de la méthode de travail la plus adéquate à l'activité pendant l'exécution [Klingemann, 2000], l'assignation de l'acteur le plus adapté ou l'association au même modèle de processus de différents modèles comportementaux selon le contexte d'exécution [Belhajjame et al., 2001].

Modélisation tardive : il s'agit de laisser certaines parties du modèle ouvertes à la créativité des utilisateurs. C'est nécessaire lorsque la sémantique du processus ne peut être entièrement déterminée durant la phase de conception. Certaines tâches peuvent être déclarées comme critiques devant absolument être exécutées, d'autres tâches optionnelles peuvent être omises dans certaines situations. Il est également possible de spécifier les activités et de laisser la liberté à l'utilisateur de choisir leur séquence au moment de l'exécution. Dans [Kradolfer et al., 1999], l'acteur choisit la manière de réaliser une activité qui est initialement spécifiée comme un but à atteindre ; si aucune méthode n'est jugée satisfaisante, il est possible d'en créer une nouvelle dynamiquement.

Gestion des cas : ce paradigme a été proposé [van der Aalst et al., 2003b] pour supporter le partage des connaissances dans les processus créatifs (knowledge intensives). Deux différences essentielles avec les SGWF classiques sont à relever : (i) le *cas* est considéré par tous les acteurs comme un 'tout' et non comme la somme de parties. (ii) les activités à réaliser sont choisies sur la base de l'information disponible, plutôt que sur une feuille de route prédéterminée. La gestion des cas est dirigée par les données et non exclusivement par un flux de contrôle. La distribution des activités est basée sur un mécanisme flexible qui autorise les acteurs à naviguer à travers les activités pour compléter les cas. Par ailleurs, chaque activité est associée à trois types de rôle : celui qui est en charge de son exécution ; celui qui peut la défaire, et celui qui peut la contourner. Ainsi, les phases de conception et d'exécution du cycle de vie (Figure 3) se trouvent entremêlées, contrairement aux autres approches.

La gestion des cas n'est pas le seul paradigme qui recommande une vision basée sur les états. Khomyakov et Bider proposent aussi une approche de gestion de workflows flexibles qui se focalise sur les changements d'état [Khomyakov et al., 2001] que chaque activité introduit pour conduire le processus vers son état désiré (son but). Un processus est ainsi considéré comme une trajectoire

dans l'espace de tous les états possibles (flux d'états). L'arrivée d'un événement externe est un déclencheur qui fait évoluer le processus d'un état à l'autre : les activités à exécuter dépendent de la distance à parcourir vers l'état final. Un ensemble de règles classées dans trois catégories (obligations, recommandations et interdictions) régule la distribution et le contrôle des activités.

La solution qui semble la plus avancée en terme d'implémentation pour la gestion des processus dynamiques est la catégorie de SGWF qui offre la possibilité de changer le modèle du processus pendant l'exécution [Reichert et al., 1998], [Kammer et al., 2000], [Weske, 2001] sur une ou plusieurs instances (flexibilité par adaptation, impact local ou global). ADEPT [Reichert et al., 1998] développe des moteurs d'exécution complexes [Rinderle et al., 2004] qui ont la capacité d'ajouter, supprimer ou déplacer des instances pendant l'exécution. Cependant toutes ces solutions restent dans la vision d'une représentation orientée activité et prescriptive des processus d'entreprise.

3.2.4. Ingénierie de processus d'entreprise flexibles : pistes de solution

De nombreux travaux soulignent les besoins en termes de workflows flexibles et adaptatifs [Casati et al., 1996], [van der Aalst et al., 1999], [Weske, 2001] dont l'exécution peut évoluer dans des situations qu'il n'est pas toujours possible de prescrire. Peu de SGWF (InConcert, Ensemble, TeamWARE flow) permettent de créer et modifier les modèles de processus pendant leur exécution. Inconcert supporte la définition de modèles de processus par induction à partir des instances de processus [van der Aalst et al., 2003b]. Charoy et al., s'intéressent à la question de la coordination et présentent un ensemble d'exigences, incluant la flexibilité et la dynamicité, pour un SGWF qui ambitionnerait de supporter les activités coopératives [Charoy et al., 2006]. Dans [Sadiq et al., 2005], un modèle de workflow classique est combiné avec des "poches" de flexibité qui réduisent les contraintes sur l'exécution. Dans [Bassil et al., 2004], le concept de workflow émergent est proposé pour supporter l'adaptation des instances de processus pendant l'exécution. Un ensemble de patrons de changement et de caractéristiques le facilitant est défini dans [Weber et al., 2007] pour effectuer une comparaison des technologies et de systèmes de gestion de processus existantes au regard du 'support au changement'.

Cette section présente une sélection de catégories d'approches qui se focalisent sur la modélisation de processus d'entreprise flexibles et adaptatifs.

3.2.4.1. Modélisation dirigée par les buts

La modélisation des processus d'entreprise est une activité d'ingénierie qui permet de construire une compréhension partagée des processus, d'identifier et de promouvoir les améliorations possibles. Cependant, identifier les réponses possibles de l'entreprise aux stimuli de changements de son environnement est irréaliste si l'on travaille uniquement sur des représentations usuelles des processus. En effet, de nombreuses autres facettes de l'entreprise doivent être prises en considération comme son infrastructure, sa stratégie, les circuits de pouvoir, la culture d'entreprise, etc. [Yu, 1995]. A cause de cette multiplicité de facettes, comprendre une entreprise nécessite une diversité de perspectives qui fera l'objet du chapitre 4. Dans cette sous-section, nous allons nous interroger sur l'aptitude à la flexibilité que l'une de ces perspectives, la représentation des *intentions*, pourrait apporter à la modélisation des processus d'entreprise.

Alors que les approches traditionnelles de modélisation de processus adoptent une représentation prescriptive et procédurale et se focalisent sur "comment" les processus sont exécutés, d'autres travaux dans le domaine de la modélisation orientée buts [Neiger et. al, 2004a], [Yamamoto et al., 2006] tentent d'étendre les approches existantes en offrant une dimension d'intentionnalité aux processus d'entreprise [Rolland et al., 1999], [Kavakli et al., 2003]. Le framework de Zachman [Zachman, 1987] met aussi en avant l'importance de la motivation comme un levier et une force directrice pour le management de l'organisation et pour le développement des systèmes logiciels. Ainsi, dans le contexte de la modélisation des processus d'entreprise, la modélisation des buts sera étendue pour capturer non seulement les motivations des parties prenantes pour la bonne

réalisation des processus mais aussi pour intégrer les aspects relatifs à la stratégie et aux objectifs de l'entreprise dans son ensemble [Cardoso et. al, 2011].

Les approches orientées buts ont été abondamment étudiées dans la littérature dédiée à l'ingénierie des exigences en s'attachant essentiellement à la manière dont ces approches supportent l'analyse et le développement de systèmes logiciels [Kavakli et al., 2003]. Dans ce contexte, les buts sont définis comme des objectifs devant être accomplis par le système et son environnement [Lamsweerde, 2001]. L'accent est mis sur "comment capturer les exigences de l'entreprise" et "quelles sont les alternatives possibles pour les satisfaire" [Dardenne et al., 1993], [Yu, 1993], [Yu, 1995], [Anton, 1996], [Mylopoulos, 1999], [Lamsweerde, 2001]. Les approches méthodologiques telles que i* [Yu, 1993], [Yu, 1995] et la Carte [Rolland et al., 1999] répondent à ces interrogations. La Carte permet de distinguer les buts de l'entreprise des manières de les accomplir, fournissant ainsi un modèle intentionnel capturant les buts et explicitant la *variation* des stratégies pour les mettre en œuvre. i* offre deux modèles pour représenter les exigences organisationnelles: le *modèle de dépendance stratégique* qui se concentre sur les relations intentionnelles entre les acteurs et le *modèle de raisonnement stratégique* qui permet de modéliser les "raisonnements" de chaque acteur et les interdépendances. Une famille de méthodes d'analyse des exigences orientées buts telles que i*, KAOS [Lamsweerde, 2001], [Dardenne et al., 1993] et GRL [Anton, 1996] ont été proposées comme des approches top-down pour affiner et décomposer les buts des utilisateurs en des buts systèmes plus concrets. Lorsque les buts sont décomposés et la responsabilité de l'accomplir est alloué à 'un' système, le but devient une exigence pour/sur le système [Lamsweerde et al., 1998]. Notons que c'est l'observation de la difficulté des approches traditionnelles d'analyse de systèmes pour traiter des systèmes logiciels d'une complexité croissante qui a conduit les chercheurs et les praticiens à changer de focus dans leurs études et à introduire la notion d'intentionnalité [Lapouchnian, 2005].

La modélisation des buts pour découvrir les besoins a prouvé son efficacité [Potts et al., 1994], [Anton et al., 1994b], [Lamsweerde, 2001]. Les avantages de la modélisation dirigée par les buts dans l'ingénierie des besoins ont été étudiés dans [Rolland et al., 2005]. L'argument fort en faveur est que la raison du développement du système doit être trouvée à l'extérieur du système, dans l'entreprise au sein duquel le système doit fonctionner [Loucopoulos, 1994]. Le système pouvant interagir avec son environnement de multiples manières, le raffinement alternatif de buts est aussi une technique éprouvée qui permet de mener un raisonnement systématique sur les choix possibles [Rolland et al., 1999b], [Hui et al., 2003]. Par ailleurs, la modélisation dirigée par les buts assure la complétude des exigences [Yue, 1987], ainsi que leur traçabilité [Ramesh, 1995]. Les buts permettent d'établir un lien conceptuel entre le système et son environnement, facilitant ainsi de propager les changements organisationnels vers les fonctionnalités du système. Ce même lien supporte aussi la communication et la justification des exigences sélectionnées vis à vis des parties prenantes [Sommerville et al., 1997].

Lorsque l'objet de l'étude ***n'est plus*** le système logiciel 'seul' mais un ***système de processus d'entreprise*** supportés par des systèmes logiciels, les buts de l'entreprise sont les objectifs à accomplir par la mise en œuvre de ce système (réseau) de processus. En suivant la même analogie, l'hypothèse peut être faite que de la même manière que les buts guident la construction d'un système logiciel en ingénierie des exigences, ils peuvent guider la compréhension et la modélisation des processus d'entreprise, et les choix possibles quant aux organisations possibles de système de processus. L'élicitation des buts devient une activité clé pour comprendre si les activités métiers ainsi réalisées sont réellement en concordance avec la stratégie de l'entreprise [Kueng et al. 1997], [**N98e**], [**N05a**], [**N05b**], [Koliadis et al., 2006], [Andersson et al., 2007], [Markovic et al, 2008], [Cardoso et al, 2011].

La littérature concernant l'ingénierie des exigences dirigée par les buts fait état de (i) parties prenantes qui doivent explicitement spécifier les buts ; (ii) documents préliminaires sur l'entreprise et son organisation; (iii) analyse préliminaire sur l'état courant du système (et donc de l'entreprise dans notre cas) avec identification des défaillances qui doivent conduire aux buts du futur [Lamsweerde, 2001], [Lapouchnian, 2005]; (iv) stratégies, processus, produits, modèles

d'entreprise [Basili et al., 1994] et une identification des missions de l'entreprise [Koubarakis et al., 2000]. Lorsque l'ensemble initial de buts a été obtenu en utilisant les ressources citées, les techniques de raffinement ou d'abstraction peuvent être appliquées pour découvrir d'autres buts [Lamsweerde, 2001]. La première permet de trouver des sous-buts d'un but parent en posant la question de "comment?". La seconde permet d'identifier des buts plus abstraits en posant la question de "pourquoi?". D'autres travaux ont mis en lumière l'utilité des scénarii dans l'élicitation des buts. Les scénarii sont des artefacts concrets, narratifs, procéduraux, alors que les buts sont des artéfacts abstraits et déclaratifs. Si les buts permettent d'expliciter les propriétés visées du système cible, les scenarii sont utiles pour offrir aux parties prenantes une manière naturelle de décrire comment leurs besoins peuvent être satisfaits (ou pas) dans une situation donnée [Dardenne et al., 1993], [Anton et al., 1994], [Rolland et al., 1998], [N98b], [Kaindl, 2000], [Kavakli, 2004].

Alors que les recherches dans le domaine de la modélisation de buts sont nombreuses, le domaine de l'élicitation des buts semble être plus négligé. L'élicitation des buts reste donc un enjeu majeur et plus particulièrement dans le domaine de l'ingénierie des processus d'entreprise. Les problèmes soulevés dans la littérature sont :

- La découverte des buts est une tâche difficile [Anton, 1997], [Rolland et al., 2005]. Les systèmes sont souvent construits avec des buts qui sont dans l'esprit de quelqu'un (notamment celui qui a le pouvoir de décider pour le projet) [Davis, 1993]. Cependant, les expériences du terrain montrent que les buts ne sont pas 'donnés' et qu'il est essentiel de connaitre leur 'source' [Anton et al., 1998] ;
- La formulation des buts est une tâche difficile ; souvent les formulations deviennent vagues et trop abstraites [Halleux et al., 2008];
- Les buts métier de haut niveau reflètent souvent un environnement idéalisé pouvant ainsi conduire à des exigences non réalistes vis à vis du système [Potts, 1997] ;
- Il manque des structures répétables pour l'élicitation de buts en dehors de celles de haut niveau d'abstraction (les questions de 'comment', 'qui', et 'sinon') [Singh et al., 2008];
- Les parties prenantes ne savent pas comment identifier les buts tactiques et opérationnels qui 'traduisent' les buts stratégiques [Singh et al., 2008];
- Bien que les parties prenantes connaissent leurs 'obligations', ils sont rarement conscients de manière dont 'leurs' rôles contribuent à la réalisation des objectifs métier [Kavakli, 2004];
- Il n'est pas aisé pour les parties prenantes de spécifier explicitement leurs points de vue [Dardenne et al., 1993]; lorsque cette expression des points de vue est possible, les buts identifies peuvent être conflictuels; il est alors nécessaire de les arbitrer [Alexander, 2002] ;
- Les analystes ont une connaissance limitée sur le domaine métier étudié [Dardenne et al., 1993];
- Souvent, il y a une confusion entre ce qu'il faut accomplir (le but) et la manière de l'accomplir (la stratégie ou la tactique); cela rend encore plus difficile la découverte des manières alternatives pour accomplir un but [**N05a**].

3.2.4.2. Modélisation déclarative des processus

Je considère que, d'un point de vue structurel, il existe deux types de processus coopératifs [Palermo et al., 1992], [N98b], [N04a], [**N08c**], [**N11c**]. Les premiers, structurés et répétitifs, ont des besoins importants en coordination. Les seconds, ad hoc et souvent créatifs, ont la caractéristique d'être plus occasionnels et peu structurés ; leur principale préoccupation se situe au niveau du partage de l'information et du savoir entre les membres d'un groupe, beaucoup plus que sur la coordination des activités. En terme de besoins de représentation, ces deux types de processus sont en adéquation, respectivement, avec les formalismes prescriptifs et descriptifs (§ 3.2.1). Les modèles de processus prescriptifs spécifient (prédisent) l'ordonnancement complet et détaillé des activités dès la phase de conception (§ 3.2.3). Par opposition, les processus d'entreprise créatifs, dont la mise en œuvre est essentiellement basée sur la collaboration des acteurs et le partage d'information, et pour lesquels il serait anti productif de vouloir définir l'ordonnancement des activités, peuvent seulement être 'esquissés' pendant la phase de conception.

Un modèle de processus est dit *procédural* lorsqu'il contient l'information explicite et prescriptive sur la (les) manière(s) dont tout occurrence de (ce modèle de) processus sera réalisée. Les concepteurs font inévitablement des choix de modélisation (voire d'organisation) qui n'étaient pas nécessairement présents dans les spécifications initiales (d'où le biais des hypothèses), et qui sont souvent "oubliés" pour la suite du processus d'ingénierie. Par conséquent, le risque imposé par les formalismes prescriptifs (WorkflowNets [van der Aalst, 1997], BPEL, BPMN, [OMG-BPM, 2011], diagrammes d'activité UML [OMG, 2009]) est de restreindre la logique d'exécution des activités plus qu'il serait strictement nécessaire.

L'alternatif à ce type de modélisation classique est la modélisation déclarative. La caractéristique essentielle de la seconde est de laisser le plus de liberté possible pour la phase d'exécution afin de déterminer le scénario valide et approprié qui tient compte des conditions de l'environnement du processus au moment de l'exécution. La modélisation déclarative ne se focalise pas sur la (les) manière(s) dont l'état final du processus doit être atteint, mais sur ce qui peut ou doit être fait dans un état donné du processus pour le conduire vers l'accomplissement de son but. Le paradigme de gestion des cas [van der Aalst et al., 2003b], la cadre de spécifications de contraintes [Sadiq et al., 2005], OWL-S [OWL-S, 2006], WSMO [WSMO, 2005], les langages ConDec [Pesic et al., 2006] et Penelope [Goedertier et al., 2006] pourront être catégorisés comme des langages déclaratifs. Contrairement aux formalismes impératifs (procéduraux), les langages déclaratifs permettent de spécifier le "quoi" sans déterminer (nécessairement) le "comment". Lorsqu'ils utilisent un tel modèle de processus, les acteurs sont guidés par le système qui exécute le modèle afin de produire les résultats attendus, tandis que la manière dont les résultats sont réellement produits dépend des préférences des acteurs et plus globalement du contexte d'exécution du processus. Selon M. Pesic, les modèles impératifs adoptent une approche `inside-to-outside' (toutes les exécutions alternatives doivent être explicitement spécifiées) tandis que les modèles déclaratifs ont une approche `outside-to-inside' (les contraintes de l'occurrence déterminent les alternatives d'exécution). Selon Jablonski *et al*, aucun de ces langages n'offre un pouvoir d'expression suffisante pour couvrir les besoins variés des processus d'entreprise [Jablonski et al., 1996]. Par exemple, ConDec et Penelope permettent d'exprimer les règles concernant les séquences et contraintes temporelles, en d'autres termes les flux de contrôle. OWL-S et WSMO intègrent les considérations de modèles d'organisation et de données mais ne permettent pas de décrire les contraintes temporelles entre les concepts comme les activités ou événements. Ces langages utilisent des paradigmes de représentation très variés ; la logique linéaire temporelle pour ConDec, et Event Calculus pour Penelope.

Dans leurs récents travaux, Fahland *et al* tentent d'identifier si les observations et résultats des recherches cognitives sur les langages de programmation peuvent être transposés au domaine de la modélisation des processus [Fahland et al, 2009]. Les opinions semblent très variées parmi les praticiens de la modélisation des processus d'entreprise quant aux avantages des langages déclaratifs face aux langages procéduraux (impératifs) pour capturer la connaissance sur les processus [Goldberg, 2007]. Fahland *et al* font une investigation sur un spectre de langages de modélisation de processus allant de procéduraux à déclaratifs. Les auteurs nous rappellent d'abord quelques résultats antérieurs sur les langages de programmation. Le premier résultat est la distinction entre l'information séquentielle et l'information circonstancielle. La première explique comment les données et conditions d'entrée conduisent à une certaine sortie. Quant à la seconde, étant donnée une certaine sortie ou conclusion, elle se réfère à l'ensemble des conditions qui ont produit cette sortie. Des évidences empiriques ont été trouvées pour supporter l'hypothèse suivante : les langages procéduraux mettent en évidence l'information séquentielle dans une forme exploitable alors que les langages déclaratives affichent l'information circonstancielle dans une forme exploitable [Green, 1977], [Gilmore et al., 1984]. Le contraire est aussi vrai : les langages procéduraux (respectivement déclaratifs) ont tendance à obscurcir l'information circonstancielle (respectivement séquentielle). Il semble par conséquent difficile de conclure que les uns sont plus faciles ou plus difficiles à comprendre que les autres [Green, 1989]. Fahland *et al* concluent sur deux propositions : (i) étant donné deux modèles de processus sémantiquement équivalents, établir une information séquentielle sera plus aisé en utilisant le modèle qui a été créé avec le formalisme de nature (plus) impérative ; (ii) étant donné deux modèles de processus sémantiquement équivalents,

établir une information circonstancielle sera plus aisé en utilisant le modèle qui a été créé avec le formalisme de nature (plus) déclarative. Le deuxième résultat de cette étude, qui pourrait être extrapolable au domaine de processus d'entreprise, concerne la notion d'*état.* Roy et Haridi ont suggéré d'utiliser le concept d'état pour définir la ligne de démarcation entre la programmation déclarative et la programmation impérative [Roy et al., 2004]. La programmation déclarative est souvent référencée comme 'programmation sans état' (stateless), car elle raisonne sur des structures de données partielles, alors que la programmation impérative est caractérisée comme étant 'avec état' (stateful). Dans ce dernier cas, un résultat ne dépend pas que de ses arguments mais aussi d'un paramètre interne qui s'appelle 'état' ; l'état est une collection de valeurs qui sont des résultats intermédiaires du calcul à un moment donné, en d'autres termes la trace du chemin suivi caractérise le résultat.

Mon questionnement essentiel sur le pouvoir des langages déclaratifs n'est pas tant dans la compréhension des utilisateurs quant aux modèles de processus qu'ils permettent de spécifier mais dans leur aptitude à construire des modèles de processus adaptatifs (on peut néanmoins soupçonner que ces deux qualités ne sont pas indépendantes). Bien que n'ayant pas pu conduire à ce jour d'études empiriques pour conforter ma perception liée à l'expérience (ces deux éléments restent subjectifs), je suis convaincue que les langages déclaratifs sont plus appropriés (que ceux qui sont impératifs) pour (i) faciliter l'évolution des processus ; (ii) supporter la coproduction et le partage de la connaissance concernant le processus parmi les parties prenantes ; (iii) dimensionner la cartographie de processus afin de permettre le partage utile lorsque c'est nécessaire.

D'une manière générale, dans la modélisation déclarative des processus, le processus est vu comme une trajectoire dans un espace d'états (*des produits et non du chemin comme c'est le cas dans la programmation impérative*) et des contraintes déclaratives sont utilisées pour définir les mouvements valides dans cet espace [Khomyakov et al., 2001]. Les différences entre ces langages qui se situent comme des langages déclaratifs sont en partie liées à la perception de ce qu'est *l'état* [Goedertier et al., 2007] :

- Dans le paradigme de la gestion des cas, l'espace d'états comporte les états des artéfacts métier et des activités [van der Aalst et al., 2003b]. Bien que ce soit toujours un flux de contrôle qui est défini entre les activités, l'acteur a la liberté d'exécuter, de contourner, ou de réexécuter les activités sous réserve du respect des contraintes concernant les données ;
- Dans le cadre de spécifications de contraintes [Sadiq et al., 2005], l'ordre et l'inclusion des contraintes sont spécifiés dans l'espace d'états composé d'activités ;
- Dans le langage ConDec, l'espace d'états est composé exclusivement d'activités ; la logique linéaire temporelle est utilisée permet de décrire les relations temporelles entre les activités [Pesic et al., 2006]
- Dans le langage Penelope, l'espace d'états comporte les obligations et permissions temporelles concernant les agents impliqués dans le processus métier [Goedertier et al., 2006].

Je considère, comme Sadiq *et al* [Sadiq et al., 2005], qu'il peut être avantageux de combiner les aspects déclaratifs et procéduraux lors de la modélisation des processus d'entreprise. Selon ces auteurs, un modèle de processus peut contenir, en plus des activités et des flux de contrôle prédéfinis, des 'poches' de flexibilité. De telles 'poches' consistent en des activités, des sous-processus et des contraintes d'ordonnancement ou d'inclusion. Chaque fois, qu'une poche de flexibilité est rencontrée lors de l'exécution, la définition du travail est effectuée par un acteur en utilisant l'activité "build".

> Cette proposition offre une solution similaire à la mienne, définie en 1998 [N98b] par l'utilisation du concept '*unstructured process*' (Chapitre 2, Figure 10). Comme dans ma proposition initiale [**N98a**], [N98b], le fil conducteur du processus d'entreprise reste le paradigme dirigé par les activités (chapitre 2, Figure 4).
>
> Cependant dans notre proposition publiée en 2004, c'est la modélisation intentionnelle et déclarative qui prime sur (et qui orchestre) le reste [N04a], [**N05b**] contrairement au cadre de spécifications de contraintes de Sadiq *et al*.

3.2.4.3. Variabilité

Certains processus, ou parties de processus, peuvent être réalisés de manière similaire dans la même entreprise ou au sein de différentes entreprises. Par exemple, le processus de 'commande à l'encaissement' est présent dans une grande majorité des entreprises. Cependant, tout en partageant des caractéristiques communes, ce processus peut varier d'une entreprise à une autre de manière significative, selon par exemple, qu'il s'agit de produits ou de services [La Rosa et al., 2010]. Malgré ces différences, il serait peu performant pour une entreprise de repartir à zéro chaque fois qu'elle modélise ses processus sans tenir compte des modèles existants (même partiels). Les modèles de processus de référence tels que SCOR (Supply Chain Operations Reference) [Stephens, 2001] ou le modèle de SAP [Curran et al., 1997], visent à assurer la réutilisation systématique des pratiques éprouvées dans des domaines similaires. Idéalement, les analystes utilisent des modèles de référence, qui sont engrangés dans des bibliothèques de modèles avec leur documentation associée, afin d'en dériver des modèles de processus répondant à des besoins spécifiques. De cette manière, les modèles de processus de référence présentent une alternative à la conception des modèles de processus 'from scratch' [La Rosa et al., 2010]. Toutefois, les modèles de processus de référence d'usage commercial manquent de *représentations des points de variation*.

Plusieurs recherches soulignent l'importance de gérer la variabilité aussi bien que les parties communes. D'après [Rolland et al., 2007b], la gestion des caractéristiques communes et variables apporte deux principaux avantages : (i) la réutilisation des parties communes [Ommering, 2002], [Tomphson, 2001] et (ii) l'adaptation à différents clients et diverses situations organisationnelles [Svahnberg et al., 2001]. Ces auteurs proposent d'organiser les processus en des familles de processus et de gérer la variabilité et les parties communes dans la famille afin de permettre la réutilisation et l'adaptabilité des modèles de processus. D'autres approches dans la littérature traitent de la variabilité dans la modélisation des processus d'entreprise [Bayer et al., 2005], [Puhlmann et al., 2005]. Cependant, ces approches manquent de *représentations des décisions de configuration*. En conséquence, les analystes métier ne disposent pas d'indications sur la manière d'adapter le modèle de référence aux besoins spécifiques de l'entreprise et, d'une manière générale, au contexte.

Le milieu socio-économique semble avoir conduit une réflexion similaire. Selon [TIBCO, 2007], "*la gestion des processus métier orientée objectifs, mise en œuvre par une méthodologie efficace et la technologie associée, offre aux entreprises toute la souplesse requise pour s'adapter aux environnements fonctionnels imprévisibles".* Parmi les avantages cités, l'on trouve aussi la création plus rapide et à moindre frais des processus via la réutilisation des composants.

La variabilité a été utilisée dans plusieurs domaines tels que l'ingénierie du logiciel [Kang et al., 1990], [Kang et al., 1998] , l'ingénierie des lignes des produits [Pohl et al., 2005], [Clauss, 2001], [Ziadi, 2004], l'ingénierie des systèmes d'information par réutilisation des composants de domaine [Guzelian et al., 2004].

La variabilité a été proposée pour le développement de logiciels par réutilisation. Elle a été initialement exprimée dans l'approche FODA (Feature-Oriented Domain Analysis) développée au SEI (Software Engineering Institute) [Kang et al., 1990] et étendue dans l'approche FORM (Feature-Oriented Reuse Method) [Kang et al., 98]. Les modèles de 'features' représentent les variantes sous la forme d'une hiérarchie *et/ou* composés nœuds (features) et d'arcs (relations entre les features). Une feature est définie comme "*a prominent for distinctive user-visible aspect, quality or characteristic of software system or systems*" [Kang et al., 1990]. La variabilité est une propriété essentielle qui peut permettre à un utilisateur (concepteur d'application ou utilisateur final) d'adapter un composant à son besoin. Des informations supplémentaires sont rattachées au diagramme de features sous la forme d'un document séparé, par exemple des règles de composition qui définissent les combinaisons valides de features exprimées par deux sortes de dépendances, "requiert" et "exclut".

Pour l'ingénierie des lignes de produits, la variabilité a été utilisée pour représenter les propriétés communes et discriminantes des applications d'une même famille, comme OVM [Pohl et al., 05], ou

les extensions du diagramme de classes [Clauss, 2001], [Ziadi, 2004]. Dans OVM (Orthogonal Variability Model), Pohl *et al* introduisent la variabilité pour permettre la spécification d'une solution conceptuelle incluant la définition de plusieurs produits. Les membres d'une ligne de produits sont caractérisés par leurs points communs et leurs points variables appelés *points de variation*. Un modèle OVM est composé de points de variation liés à un ensemble de variantes par des relations définissant le type du point de variation (optionnel, obligatoire ou alternatif) avec une cardinalité pour définir le choix permis [Pohl et al., 2005]. Des contraintes de dépendance entre les variantes et les points de variation sont exprimées par les relations "*requiert*" et "*exclut*".

Guzélian *et al*, utilisent les points de variabilité pour spécifier, par réutilisation de composants, une partie variable du système qui admet différentes représentations [Guzelian et al., 2004].

Plusieurs types de variabilité ont été définis par Bachmann et Bass [Bachmann et al., 2001]. La variabilité peut concerner les fonctions (obtenir le même résultat mais par des manières différentes), les données (dont la structure peut varier d'un système à un autre), les flux de contrôle (les interactions entre les différents composants d'un système), la technologie (système d'exploitation, matériel, interface utilisateur, langage de programmation), les exigences non fonctionnelles, l'environnement du système (une autorisation qui peut être manuel au automatique selon l'interaction à mettre en œuvre). Les travaux de von der Maßen et Lichter ont permis d'identifier les exigences concernant l'expression de la variabilité [von der Maßen et al., 2002] :

- Représentation des parties communes et variables entre les produits ou bien les différentes variantes d'un même produit ;
- Distinction entre plusieurs types de variabilité [Bachmann et al., 2001] ;
- Capacité à décrire des structures variées à partir d'un ensemble de N variantes: *options* (zéro ou plusieurs variantes peuvent être choisies) ; *alternatives* (une seule variante peut être choisie) ; *alternatives optionnelles* (zéro ou une peut être choisie) ; *ensemble d'alternatives* (au moins une variante doit être choisie) ;
- Représentation des dépendances entre les parties variables ; par exemple, une variante A peut exclure ou requérir une variante B;
- Support de l'évolution du modèle de variabilité pour l'introduction de nouvelles variantes.

De nombreux mécanismes d'implémentation de la variabilité ont été proposés [Bosch et al., 2001], [Jacobson et al., 1997], parmi lesquels nous citerons :

- L'héritage, utilisée durant la définition d'une classe ; une classe est spécialisée par plusieurs classes filles représentant des variantes ;
- La configuration, utilisée avant l'exécution ; elle consiste à choisir des composants à partir d'une bibliothèque et à assembler des fragments de codes pour former un nouveau produit ;
- Le paramétrage, utilisé durant l'implémentation ; la classe est définie avec des types qui sont déterminés durant son instanciation ; par exemple, une pile d'éléments ;
- La génération, utilisée avant ou durant l'exécution ; un langage de haut niveau permet de définir des composants.

D'autres mécanismes tels que les patrons de conception (Design patterns) [Gamma et al., 1995], [Keepence et al., 1999] et la programmation par aspects ont également recours aux techniques de variabilité. Saidi propose une approche pour la conception systèmes d'information par réutilisation des composants métier [Saidi, 2009] ainsi qu'un modèle de composants métier supportant la variabilité. L'approche étend UML, notamment, le diagramme des cas d'utilisation (vue fonctionnelle), le diagramme d'activité (vue métier), le diagramme de séquence (vue dynamique de chaque fonctionnalité) et le diagramme de classes (vue structurelle), avec des concepts de variabilité afin de supporter la variabilité des composants métier selon ces quatre vues.

3.2.4.4. Conscience du contexte

La conscience du contexte a été développée dans des disciplines comme l'ingénierie des systèmes web [Kaltz et al., 2005] ou les applications mobiles [Mikalsen et al., 2004]. La contextualisation a

aussi émergé dans le domaine de la modélisation conceptuelle [Analyti et al., 2007] pour l'ingénierie des systèmes d'information. Le terme "conscience du contexte" a été introduit par Schilit and Theimer [Schilit et al., 1994]. Dey a défini le contexte comme "*any information that can be used to characterize the situation of an entity*" [Dey, 2000]. Les approches qui intègrent des facteurs contextuels aux systèmes d'information mettent l'accent sur l'utilisateur et leurs interactions avec les systèmes. Dans ce domaine, le contexte est souvent réduit à la notion de localisation (où est le parking le plus proche où je peux garer ma voiture et comment je peux y aller?) et aux caractéristiques de l'utilisateur. Les cadres existants comme ECOIN [Firat et. al, 2005], ou CAPella [Dey et al., 2004] représentent le contexte comme des propriétés pouvant être interprétées par la structure du cadre ou des ontologies simples.

Dey [Dey et al., 1999], [Dey, 2000], a été le premier à proposer une séparation entre l'acquisition de contexte et son utilisation dans les applications. Selon Dey, la différence entre une application sensible au contexte et un système interactif mobile est que ce dernier manipule des données explicites qui sont des variables internes de l'application ou des entrées explicites de l'utilisateur. L'auteur a défini des abstractions qui aident à inférer une interprétation de haut niveau du contexte (avec des données implicites déduites de l'environnement de l'utilisateur) et qui supporte la séparation entre la gestion du contexte et celle de l'application. Cette idée a été reprise par la majorité des travaux actuels [Matthias et al., 2007] dans le domaine de la sensibilité au contexte, proposant ainsi des architectures à plusieurs couches.

Chaari propose cinq couches principales [Chaari, 2007] pour l'architecture d'un système logiciel sensible au contexte. La *couche de capture du contexte* composée d'une collection de capteurs. Un capteur[12] est une source matérielle ou logicielle qui peut générer une information contextuelle. La *couche d'interprétation et d'agrégation du contexte* offre des moyens d'interprétation et de transformation des données contextuelles fournies par les capteurs du contexte. Cette couche doit aussi assurer la résolution de conflits causés par l'utilisation de plusieurs sources de contexte et disposer d'une intelligence d'interprétation pour résoudre ces conflits [Dey et al., 1999], [Kiciman et al., 2000]. La *couche de stockage et historique du contexte* organise les données capturées et interprétées et les stocke pour une utilisation ultérieure. Un modèle de contexte est alors requis pour pouvoir décrire l'information contextuelle. La *couche dissémination du contexte* offre des moyens de communication standards pour notifier les changements de contextes et leur transmission à l'application [Rodden et al., 1998]. La *couche application* représente l'application qui se veut sensible au contexte [Chen et al., 2003]. Elle doit implémenter les réactions nécessaires aux changements du contexte. Chaque application s'abonne à la couche de dissémination du contexte pour accéder aux différentes informations contextuelles et être informée de leurs changements de manière synchrone par accès direct (pull) ou pour recevoir tous les changements de manière continue (push). Les architectures existantes n'offrent pas une stratégie complète précisant comment l'application peut s'adapter aux différentes variations du contexte [Chaari, 2007].

L'introduction de la gestion du contexte pour l'ingénierie des processus flexibles requiert que les processus soient conscients de leur environnement. Pour structurer et décrire le contexte, de nombreuses recherches ont été conduites et ont débouché sur des architectures [Siljee et al., 2005] ou des ontologies de contextes [Chen et al., 2003]. Le 'Context Ontology Language' [Strang et al., 2003] est défini pour prendre en considération les aspects du contexte tels que la température, les échelles, le poids des aspects etc…

Dans le domaine de la modélisation des processus d'entreprise, Balabko *et al.* proposent de raisonner sur un système comme un 'tout' et d'analyser les relations entre les différents rôles [Balabko et al., 2003]. Le modèle de rôles permet de représenter le contexte dans lequel un rôle est

[12] Indulska distingue trois types de capteurs, physiques, virtuels et logiques [Indulska et al., 2003]. Les capteurs physiques sont des dispositifs matériels qui sont capables de fournir des données de contexte comme le GPS (Global Positionning System). Les capteurs virtuels fournissent des informations contextuelles à partir d'applications ou services logiciels. Les capteurs logiques utilisent généralement plusieurs sources d'information contextuelles pour fournir une autre information de synthèse plus précise.

défini. Il comprend les concepts suivants : Un *objet* est une entité qui peut être modélisé avec un état (un ensemble d'attributs et des relations entre eux) et un comportement. Un objet joue des rôles en participant à la réalisation des activités. Un *rôle* est défini comme une abstraction du comportement d'un objet dans un contexte donné. Les *activités* représentent les collaborations entre les rôles. Les *buts* représentent les post-conditions pour les rôles (soulignant ainsi le changement d'état d'un objet). Un processus métier peut inclure plusieurs collaborations. Le but d'une collaboration est spécifié comme l'ensemble des post-conditions de chaque rôle participant à cette collaboration. Le but du processus est défini comme l'ensemble des post-conditions des rôles participants.

Rosemann *et al.* proposent d'étendre la portée de la modélisation des processus avec quatre couches de contexte [Rosemann et al., 2006b]. Le contexte *immédiat* inclut les éléments de base nécessaires à la compréhension et exécution d'un processus métier comme les données, les rôles et acteurs, et d'autres ressources utiles à l'exécution du processus, autrement dit, tout ce qu'on sait modéliser avec les méta-modèles usuels. Le contexte *interne* est lié à l'environnement interne de l'entreprise qui impacte le processus, comme la stratégie et les buts associés au processus ; par exemple une modification sur les exigences de qualité aura un impact sur le processus. Le contexte *externe* capture les éléments au delà de la sphère de contrôle d'une entreprise mais qui se trouvent néanmoins dans le réseau métier dans lequel le processus opère. Ces variables externes peuvent être capturées en ayant recours aux frameworks comme le modèle des cinq forces de Porter [Porter, 1979], [Porter, 2008]. Elles peuvent ainsi inclure les parties prenantes extérieurs comme les clients, leurs attentes. Le contexte *environnemental* est au delà du réseau d'entreprises dans lequel l'entreprise est placée ; il comporte des facteurs comme les conditions météorologiques, le temps (vacances d'été), les facteurs influençant les ressources (grève générale dans le pays), des paramètres macro-économiques comme des régulations législatives ou autres (Sarbanes Oxley).

3.2.4.5. Gestion dynamique des ressources humaines

Des techniques d'allocation de ressources physiques sont utilisées dans les réseaux informatiques pour la gestion des ressources utilisées (serveurs). Je suis convaincue que, moyennant certaines adaptations, ces mécanismes d'allocation de ressources pourraient être utilisés pour la gestion de l'allocation des ressources dans le domaine des processus métiers. Cependant, à la différence des réseaux où l'humain n'intervient presque pas ou très peu dans l'exécution des tâches, l'individu et ses capacités et contraintes de toute nature doivent être pris en compte dans la définition et la mise en œuvre des politiques d'allocation des ressources dans le domaine des processus d'entreprise. Malgré la place essentielle de l'acteur dans les processus d'entreprise, très peu de travaux sont consacrés aux politiques d'allocation.

Une série de *patrons de ressources* sont définis dans [Russell et al., 2005] avec pour objectif de spécifier les différentes manières dont les ressources sont modélisées et utilisées dans un SGWF. Par exemple, les patrons de création définissent de quelle manière une occurrence d'activité peut être réalisée et sont utilisés pendant la conception (distribution directe, basée sur le rôle, basée sur l'aptitude, basée sur la trace, etc). Les patrons push définissent de quelle manière une instance qui vient d'être créée sera allouée à des acteurs (proposition pour ressources multiples, proposition pour ressource unique, la queue la plus courte, aléatoire, etc). Les patrons pull permettent aux acteurs de choisir les activités. Les patrons de détour définissent des changements dans l'allocation (délégation, desallocation, sauter, refaire, etc).

Zur Muehlen positionne les questions relatives à l'allocation des ressources par rapport au cycle de vie d'un processus d'entreprise (similaire à celui montré à la Figure 3). Il préconise une étude de la trace des processus et des ressources pour améliorer (i) la planification des capacités ; et (ii) les modèles de processus et les politiques d'allocation [zur Muehlen, 2004b].

D'autres mécanismes identifiés dans la littérature concernent la séparation des fonctions [Simon et al., 1997], l'utilisation des réseaux de Petri colorés pour simuler différents choix d'allocation [Pesic et al., 2007], la tentative de mesurer des ratios qualité/performance sur des critères comme l'urgence, la disponibilité [Kumar et al. 2002] pour l'identification de la meilleure stratégie d'allocation.

3.3. Objectifs : Déclarativité, variabilité, conscience du contexte, dynamicité

Dans le thème précédent (Chapitre 2) le constat de départ était "*il faut tirer bénéfice des technologies pour mieux supporter les processus, il faut donc reconfigurer ces derniers avant de les informatiser*". Dans le thème présent, l'observation et l'hypothèse sous-jacente est que "*le contexte et l'environnement ne vont pas arrêter de changer lorsque l'on aura informatisé ces processus ; bien au contraire, les rythmes de changement s'accélèrent sans cesse ; en outre, les processus vont devenir de plus en plus 'communicants'* dans *un écosystème intra et inter entreprise*". Dans le contexte économique et technologique actuel, les changements de différentes natures impactant l'entreprise et ses processus, sont non seulement inévitables mais deviennent presqu'une routine. Leur intégration et opérationnalisation effectives dans le fonctionnement quotidien d'une entreprise le sont évidemment beaucoup moins. Ces changements peuvent provenir des réglementations gouvernementales, de l'apparition de nouveaux concurrents, de l'évolution des installations et équipements, de la disponibilité des ressources ou de situations spécifiques temporelles. Pour maintenir, voire améliorer, leur efficacité et compétitivité, les entreprises sont contraintes à s'adapter à ces changements et à adapter leur processus d'une manière continue et efficace.

Une prévision de Gartner souligne l'importance du développement d'une culture de modélisation de processus dans les entreprises : "*By 2014, 40% of business managers and knowledge workers in Global 2000 enterprises will use comprehensive business process models to support their daily work, up from six percent in 2009*" [Gartner, 2010b]. Janelle Hills, vice-presidente chez Gartner Research, commente cette prévision en ajoutant "*Comprehensive, graphical (rather than textual) and explicit process models that capture and represent organizational knowledge will create a lingua franca for business and IT roles*". La complétude, la lisibilité et l'aptitude à être partagés apparaissent clairement comme des qualités essentielles des modèles de processus.

Dans la modélisation de processus, il existe deux principales contraintes (correspondant à des propos différents) : (i) le niveau de détail qui est *nécessaire pour* l'exécution opérationnelle des processus et qui est totalement *inopérant pour* raisonner sur le changement, et (ii) la nécessité incontournable de réagir aux changements). Pour traiter ces deux exigences, je préconise d'adopter une perspective dirigée par les buts (l'approche MAP [N04a], [**N05a**], [**N05b**], [**N10a**]) pour la ***modélisation intentionnelle*** des processus avant d'en offrir une spécification organisationnelle et opérationnelle. Une Carte a l'aptitude à visualiser une orchestration non figée des logiques de fonctionnement locales (décrites dans ses sections). Elle est de nature ***déclarative*** et non impérative. La modélisation intentionnelle permet aussi de capturer la ***variabilité*** des modèles de processus à un niveau intentionnel avant de zoomer sur les spécifications et les variantes au niveau organisationnel et opérationnel.

Dans son rapport de 2007 concernant le "Magic Quadrant" des suites de BPM, Gartner insiste sur les exigences pour la représentation des processus qui sont confrontés à leurs environnements et subissent des perturbations des forces externes [Hill et al., 2007]. Les processus d'entreprise doivent être spécifiés pour répondre aux différents cas à gérer et aux différentes conditions de leur environnement. Le concept de *contexte* est un artéfact qui permet de prendre en considération les événements et les conditions de l'environnement et les propriétés spécifiques des occurrences de processus. Ces variables qui causent les changements ponctuels ou permanents des processus appartiennent à une panoplie large (climat, temps, lieu, coûts, partenaires,…) incluant des facteurs macro-économiques (compétition, tendances des marchés financiers, réglementations) et des variables spécifiques à l'occurrence du processus (le client, sa localisation, ses contraintes). Toutes ces variables constituent le contexte d'exécution d'une occurrence de processus. Selon Franklin and Ferkin [Franklin et al., 2006], les êtres humains (et les autres organismes vivants) surveillent cycliquement leur environnement et agissent pour atteindre leurs buts. La cognition est alors ce qui permet de sélectionner les actions futures. Le mécanisme d'apprentissage comporte la perception, la mémoire et l'attention [Ploesser et al., 2009].

Je propose de traiter les besoins de flexibilité et d'agilité en utilisant deux mécanismes complémentaires : ***variabilité*** et ***conscience du contexte***. L'aptitude à la flexibilité nécessite que les

environnements de modélisation et d'exécution des processus métier sachent intégrer la conscience (awareness) de l'environnement externe des processus. Il s'agit de définir, dès la phase de modélisation, les caractéristiques liées au contexte à prendre en considération. Nous proposons une formalisation de la notion de ***contexte*** qui intègre plusieurs aspects qui peuvent caractériser non seulement un processus métier, mais aussi, les acteurs du processus et l'environnement dans lequel le processus s'exécute.

Bien que l'intérêt de la flexibilité soit largement souligné, les techniques de sa mise en œuvre restent limitées. Nous constatons comme Rosemann et al. [Rosemann et al., 2007], [Rosemann et al., 2008] que les approches existantes qui traitent de la flexibilité des processus métier sont axées sur les moyens intrinsèques de la modification des processus, après qu'un besoin de changement soit observé. Ces approches ne tiennent compte que de la partie réactive de la flexibilité des processus et ignorent le stimulus pour le changement, c'est à dire le contexte. Or, nous pensons que la prise en compte du contexte et de son impact sur le comportement des processus est indispensable pour assurer l'adaptation des modèles de processus et par conséquent leur flexibilité. La connaissance liée au contexte est donc une ressource essentielle pour adapter les processus.

Nous défendons que la capacité d'un environnement d'ingénierie et de support des processus d'entreprise à intégrer (i) la ***variabilité*** et le ***contexte*** dans la modélisation des processus ainsi que (ii) le ***contexte*** dans le guidage et le contrôle de l'exécution de leurs instances permettra d'assurer la flexibilité et l'adaptabilité des processus d'entreprise. Le même modèle de processus peut être instancié de différentes manières dans différents contextes sans qu'il y ait de la non-conformité entre les instances et le modèle. En outre, nous soulignons que l'aptitude à définir des modèles de processus flexibles est une qualité intrinsèque du méta-modèle de processus.

L'objectif de nos recherches autour de la ***dynamicité*** (configurabilité pendant l'exécution) est d'être capable d'assurer une obligation de résultat à partir d'une demande de travail variable et des ressources que l'on peut considérer comme invariables sur la période de variation de la charge entrante. Pour cela, il est envisagé de (i) définir les artéfacts requis pour représenter le lissage dynamique du travail dans la modélisation et l'exécution des processus d'entreprise et par conséquent, dans la représentation de l'usage qui sera fait des systèmes supportant les activités; (ii) déterminer le paradigme d'exécution assurer gestion dynamique "autour de l'acteur" et (iii) définir un moteur d'exécution qui saura gérer la dynamicité de l'allocation des ressources.

De nombreuses techniques permettant la prise en considération de la flexibilité pendant la modélisation et l'exécution des processus d'entreprise ont été proposées de manière individuelle. Nous retiendrons pour notre propos les catégories suivantes:

(i) la modélisation dirigée par les *buts* [**N98e**], [N04a], [**N05a**], [**N05b**], [Korherr, 2008] ;
(ii) le recours à des formalismes de *représentation déclarative* [N10l], [N11a] ;
(iii) l'introduction de *la variabilité* dans la modélisation des processus [Bayer et al. 2005], [**N05a**], [Rolland et al., 2007a], [Rolland et al., 2007b], [Saidi, 2009], [**N10a**] ;
(iv) l'introduction de *la sensibilité au contexte* [Balabko et al., 2003], [Rosemann et al., 2006a], [Rosemann et al., 2006b], [**N06d**], [**N07f**], [N09c] ;
(v) la modélisation des processus *dirigée par les rôles* et *le contexte* [N06c], [**N06d**], [**N07f**] ;
(vi) la *configurabilité* par la prise en compte de la dynamicité des charges de travail des acteurs lors de l'exécution des processus [**N09d**], **[N12g]** ;

3.4. Résultats

3.4.1. Modélisation intentionnelle et déclarative des processus

Comme nous avons vu dans la section 3.2.4.1, (i) le raisonnement sur les buts est une clé pour comprendre si les activités métiers sont en concordance avec la stratégie de l'entreprise [**N98e**], [**N05a**], [**N05b**] ; et (ii) l'explicitation des liens entre les objectifs et leur mise en œuvre supporte la communication et la justification des choix organisationnels vis à vis des parties prenantes.

Nos premiers travaux sur la modélisation dirigée par les buts avaient conduit au méta-modèle de processus coopératifs présenté dans la section 2.4.4 (chapitre 2, Figure 9) **de ce document [N97b][13], [N98e][14].**

Le second papier a été cité 22 fois.

Comme nous l'avons souligné dans **[N98e]**[14], le raisonnement par les buts supporte aussi plus naturellement la coproduction des représentations. Il facilite la compréhension des problèmes ainsi que la justification des solutions alternatives. Il permet de communiquer sur les aspects essentiels (le pourquoi) avant de passer à la mise en œuvre des objectifs en utilisant des représentations organisationnelles et opérationnelles qui sont forcément plus détaillées et dans lesquelles les divergences locales ne vont pas tarder à faire surface. Néanmoins, je suis convaincue qu'avec les paradigmes et mécanismes d'implémentation et d'exécution disponibles aujourd'hui, la représentation organisationnelle et opérationnelle reste indispensable. Je suis tout aussi convaincue que le premier (la représentation par les buts) offre la bonne 'entrée' pour obtenir les représentations organisationnelles et opérationnelles plus en cohérence avec la réalité et les besoins de l'entreprise, et en même temps plus modulaires donc plus évolutives dans la durée.

Nous avons défini une approche systématique et guidée **pour spécifier les processus d'entreprise à un niveau organisationnel (interactions entre les individus),** et **opérationnel (interactions H/M).** L'approche permet la définition de scénarii pour chaque cas d'utilisation (normaux et exceptionnels) sous une forme narrative structurée. La définition des scénarii est guidée par une grammaire des cas et des directives qui supportent la rédaction des scénarii. **Cet article [N98d][15] a été cité 34 fois.**

Des travaux récents soulignent les besoins des entreprises en terme de processus flexibles et adaptables. Pour répondre à ces besoins, une approche prometteuse consiste à considérer un réseau de processus comme une collection dynamique de processus coopératifs et coopérants qui doivent être dynamiquement orchestrés selon le contexte de réalisation [**N05b**] ou comme une famille de processus dont l'adaptation se fera pendant la conception ou l'exécution [**N10a**]. Le méta-modèle de Carte [Rolland et al., 1999] a l'aptitude de définir des modèles de processus *a priori* flexibles. Cette observation m'a incité à lui apporter les extensions nécessaires (*rôle* et les *liens* avec le niveau organisationnel et opérationnel) pour permettre cet usage [N04a], [**N05b**], [**N05a**].

Comme le survol de la littérature sur la flexibilité (§ 3.2.3) en témoigne, la plupart des recherches qui traitent de la flexibilité des processus adressent le changement *a posteriori* (par adaptation) des modèles et/ou des instances de processus. Dans [**N05a**], nous avons proposé une approche pour la modélisation des processus d'entreprise avec une perspective intentionnelle permettant de représenter, de manière explicite, les objectifs et les stratégies de l'entreprise. Cette représentation donne aux modèles de processus exprimés au niveau intentionnel la capacité d'incorporer la *flexibilité par sélection* (parcours dynamique de la Carte et choix dynamique des intentions et des stratégies).

La plupart des approches existantes pour l'ingénierie des processus se concentrent sur la manière dont les activités vont être exécutées. Or, les facteurs sociaux et organisationnels prennent une place de plus en plus importante dans les entreprises. Un modèle de processus doit capturer plus que des

[13] S. Nurcan, C. Rolland. Meta-modelling for cooperative processes. The 7th European-Japanese Conference on Information Modelling and Knowledge Bases, May 27-30, 1997, Toulouse, p. 361-377.

[14] C. Rolland, S. Nurcan, G. Grosz. A unified framework for modelling co-operative design processes and co-operative business processes. Proc. of the 31st Annual Hawaii Int. Conf. on System Sciences, Big Island, Hawaii, USA, 6-9 January 1998

[15] S. Nurcan, G. Grosz, C. Souveyet. Describing business processes with a guided use case approach. The 10th Conference on Advanced Information Systems Engineering CAISE'98, 8-12 June 1998, Pisa, Italy, LNCS1413, p. 339-362

'étapes d'activités' à réaliser et qui sont inscrites sur du marbre. Les approches orientées buts permettent de définir les caractéristiques stables de l'entreprise que tous les choix d'organisation doivent respecter mais aussi des points de variation [Neiger et. al, 2004b], [**N05b**]. Les buts peuvent être décomposés en sous-buts. Au niveau le plus détaillé, la manière d'accomplir les buts atomiques (opérationnalisables) peut être spécifiée en termes d'acteurs, d'activités et de flux de contrôle. Le principe consiste à commencer par l'analyse des buts de l'entreprise avant de décliner ces buts en activités articulées selon la logique métier en vigueur dans l'entreprise. J'observe que les processus peu structurés et créatifs, qui sont aussi qualifiés de 'knowledge-intensive', sont encore plus demandeurs d'artéfacts de représentation pour raisonner sur les objectifs métier, les stratégies pour les accomplir, les responsabilités des parties prenantes et les risques plutôt que les acteurs, et les activités exclusivement. Je m'inscris dans la lignée des approches d'ingénierie des processus dirigée par les buts. Ce choix vise à construire une approche répondant mieux aux besoins métier de l'entreprise et des acteurs métier, et compréhensible de toutes les parties prenantes :

- Les acteurs impliqués dans la mise en œuvre des processus d'entreprise ;
- Les analystes métier qui étudient et analysent les besoins de l'entreprise et de son organisation envisagée ainsi que les logiques métier ;
- Les développeurs chargés de mettre en place les logiciels devant partiellement automatiser ces processus ;
- Les acteurs/décideurs de l'entreprise qui vont gérer et piloter ces processus.

Mon objectif est de créer un pont pour combler l'écart entre l'analyse et la modélisation des processus d'entreprise et leur mise en œuvre, leur utilisation et leur gestion.

Afin de pouvoir utiliser le méta-modèle de la Carte pour représenter les processus coopératifs, il était nécessaire de lui adjoindre le concept de *rôle*. J'ai réalisé cette extension dans [N04a] **et je l'ai consolidée dans [N05b][16]. Ce dernier a été référencé 24 fois.**

Dans toutes les entreprises, les processus bien définis et peu structurés coexistent et doivent pouvoir être gérés et administrés dans un modèle d'entreprise global (Chapitre 2). **Ma proposition offre la flexibilité et l'adaptabilité exigées pour les processus peu structurés et créatifs et la rigueur nécessaire pour représenter les processus structurés.** Les deux blocs du méta-modèle proposé (Figures 5 et 6) comportent les concepts qui me semblent essentiels pour représenter tout type de processus d'entreprise et son système de support. Ainsi ma vision du réseau des processus d'une entreprise est structurée sur deux niveaux : le premier exhibe la vue intentionnelle et décisionnelle (le '*pourquoi*') et le second comporte les aspects organisationnels et opérationnels (le '*quoi, qui, où, quand, comment*') [N04a], [**N04b**], [**N05b**]. Le troisième niveau qui se focalise sur le système de support sera discuté dans le Chapitre 4 (§ 4.4.3).

3.4.1.1. Objectifs métier et la vue intentionnelle des processus d'entreprise

Je propose l'utilisation du méta-modèle de carte étendu (avec le concept de rôle) pour représenter au niveau intentionnel un réseau/une famille de processus d'entreprise. Une carte permet de représenter un *multi-modèle de processus* à un niveau stratégique [Rolland et al., 1999]. Elle permet de visualiser globalement l'ensemble d'intentions ainsi que les différentes stratégies pour les accomplir. Une *carte métier* (Figure 5) est une carte. Elle est composée de sections. Chaque section est un triplet <intention source *Ii*, intention cible *Ij*, strategie *Sij*>. Une *intention métier* est un but qui devra être réalisé par la mise en œuvre de nombreuses activités appartenant à un ou plusieurs processus métier. Une *stratégie* est une manière d'accomplir une intention. Par exemple, l'intention

[16] S. Nurcan, M.-H. Edme. Intention Driven Modelling for Flexible Workflow Applications. Special issue of the Software Process: Improvement and Practice Journal on "Business Process Management, Development and Support", 10:4, 2005.

'handle the loan request' (Figure 8) est accomplie en début du parcours d'un prêt client pour traiter le dossier et prendre une décision (accepté ou refusé) et peut être reconsidérée plusieurs années après si le client le demande (contract renegotiation). La section qui comporte la stratégie de renégociation (C6) correspond à un processus d'entreprise différent des deux autres (via C1 ou C2) qui ont pu être réalisés au début pour offrir le prêt demandé par le client. La carte inclut toujours deux intentions appelées *Démarrer* et *Arrêter* qui permettent de démarrer et d'arrêter la navigation. Une Carte est représentée de manière graphique par un graphe dirigé, composé de nœuds et d'arcs entre les nœuds (Figure 8). Les nœuds représentent des intentions et les arcs représentent des stratégies (ou manières) possibles pour accomplir ces intentions.

Une carte a l'aptitude à visualiser une orchestration non figée des logiques de fonctionnement locales (décrites dans les sections). Elle est de nature ***déclarative***. En outre, la modélisation intentionnelle nous permet de capturer la ***variabilité*** des modèles de processus à un niveau intentionnel avant de zoomer sur les spécifications et les variantes au niveau organisationnel et opérationnel. L'avantage majeur de capturer les familles de processus, et donc les variantes et les invariants, à un haut niveau d'abstraction est de faciliter la mise en œuvre de modèles spécifiques dans des filiales ou entreprises différentes qui partagent toutefois les objectifs et certaines manières de les atteindre appartenant à un cadrage stratégique commun.

La carte est une structure de navigation contenant un nombre fini de chemins où aucun n'est recommandé 'a priori' , mais chacun est choisi de manière dynamique. La sélection d'une intention et d'une stratégie se fait au fur et à mesure de l'accomplissement des buts. L'acteur décideur (à un moment donné de cette navigation) sélectionne une intention et ensuite une stratégie pour progresser dans le processus (Figure 5) et les acteurs concernés par la réalisation de la section sélectionnée accompliront leurs responsabilités de nature opératoire (ou décisionnel) à l'aide des directives associées à la carte. La carte est un *multi-modèle de processus* ; un chemin complet (sur tous les niveaux de raffinement) décrit une manière d'adapter une famille de processus dans un domaine métier (représenté par la carte) selon les stimuli de l'environnement.

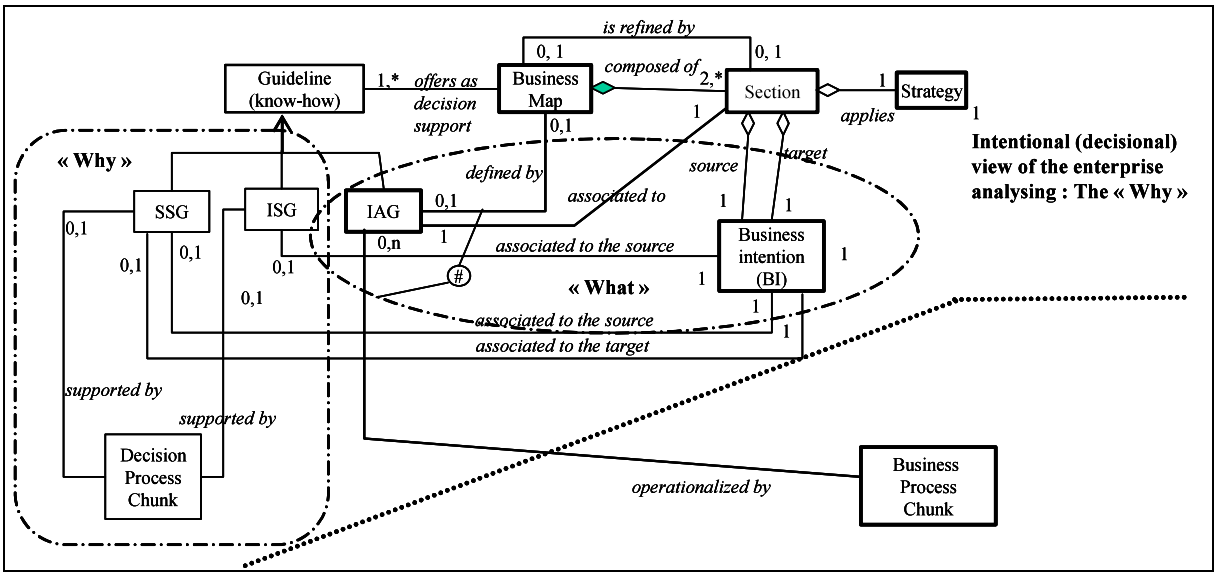

Figure 5- *Concepts pour représenter la vue intentionnelle des processus d'entreprise* [N04a], [**N05b**]

Parce que l'intention suivante et la stratégie suivante doivent être sélectionnées dynamiquement, les directives associées sont essentielles. Le guidage est défini en utilisant trois types de directives :

- Une *directive de sélection d'intention* (*DSI, Intention Selection Guideline – ISG* à la Figure 5) permet de choisir une intention cible, parmi celles possibles d'atteindre à partir d'une intention source. L'accomplissement de l'intention cible transformera le *produit* en construction ; il existe une *directive de sélection d'intention* (*DSI*) par intention I_i (sauf le Stop) ;

- Dans le cas où il existe plusieurs stratégies pour accomplir une intention cible, une *directive de sélection de stratégie* (*DSS,* Stratégie Selection Guideline – SSG à la Figure 5) permet de choisir la stratégie appropriée pour accomplir l'intention cible précédemment choisie. Dans une carte, il existe une DSS pour chaque *couple* d'intentions <I_i,I_j> qui sont connectées par plusieurs sections donc plusieurs stratégies ;
- Une *directive d'accomplissement d'intention* (*DAI,* Intention Achievement Guideline – IAG à la Figure 5) permet d'accomplir une intention cible selon la stratégie choisie. Dans une carte, il existe une directive DAI par section <I_i,I_j, S_{ij}>.

Les *directives de sélection d'intention* (ISG) et les *directives de sélection de stratégie* (SSG) encapsulent le savoir-faire décisionnel et managérial de l'entreprise. Il s'agit de *fragments de processus décisionnels* (*decision process chunks,* Figures 5 et 6).

L'exécution de chaque section est guidée par une Directive d'Accomplissement d'Intention (DAI) qui décrit la manière opérationnelle ou décisionnelle (Intention Achievement Guideline – IAG à la Figure 5) pour accomplir l'intention cible I_j en adoptant la stratégie S_{ij}. Pour le premier cas, l'IAG est *opérationnalisée par* un *fragment de processus métier (opérationnelle)* qui décrit une connaissance métier spécifiée au niveau organisationnel (en précisant le '*quoi, qui, où, quand, comment*'). L'IAG décrit dans ce cas une connaissance relative aux aspects production/opération de l'entreprise. La section est dite opérationnalisable et la spécification de la famille de processus au niveau intentionnel prend fin. Pour le second cas (l'IAG décrit une manière décisionnelle), la directive d'accomplissement d'intention est définie par une carte métier raffinée (d'un niveau d'abstraction plus détaillé, mais toujours intentionnel). La section est ainsi raffinée par une carte métier plus détaillée. Le propos du niveau intentionnel est d'offrir une représentation intentionnelle, structurée et globale d'une famille de processus. Les sections opérationnalisables seront spécifiées par des fragments de processus d'entreprise (business process chunk) au niveau organisationnel et opérationnel (Figure 6) en intégrant les considérations des perspectives organisationnelle, fonctionnelle, comportementale, opérationnelle et informationnelle introduites dans la section 3.2.2.

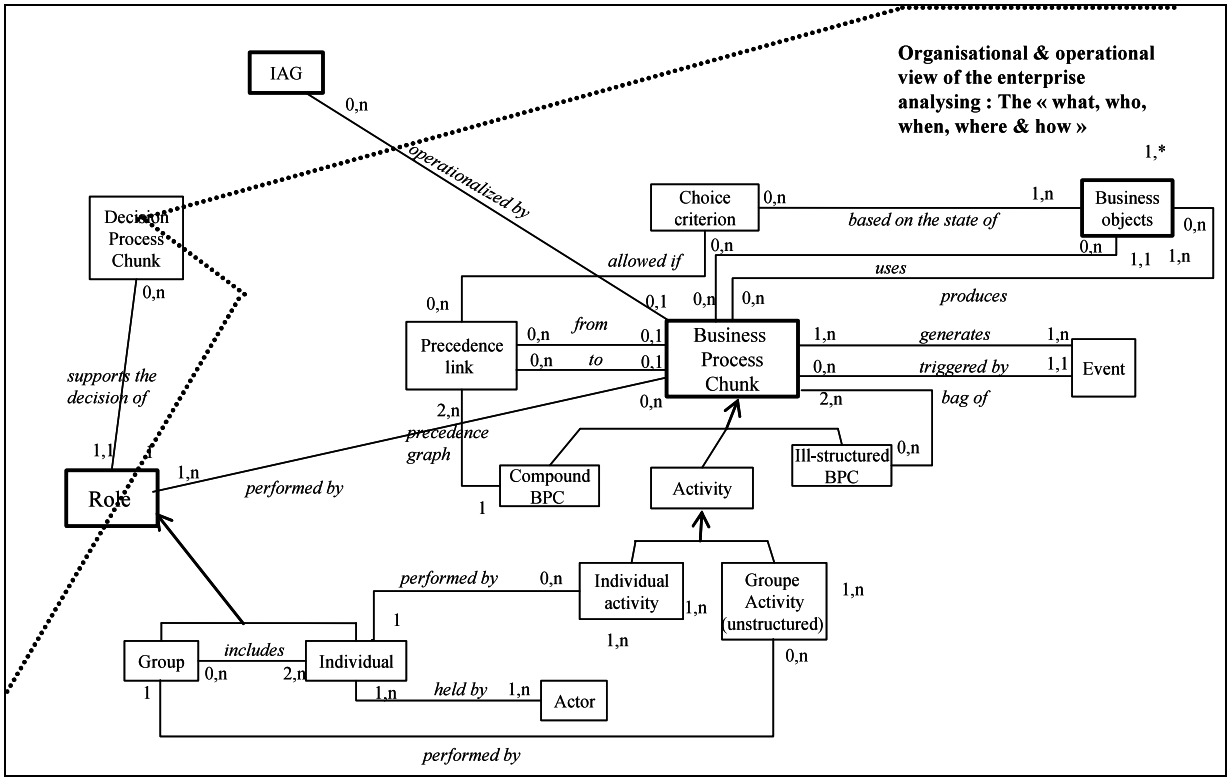

Figure 6- *Concepts pour représenter la vue organisationnelle et opérationnelle des processus d'entreprise* [**N05b**]

3.4.1.2. La vue organisationnelle et opérationnelle des processus d'entreprise

Dans le domaine de la modélisation d'entreprise, il est habituel de considérer que les buts opérationnalisables seront mis en œuvre par des processus métier [Anton et al., 1994], [Yu et. al, 1996], [Nilsson et. al, 1999], [N04a]. Je considère qu'un *fragment de processus d'entreprise* décrit l'implémentation d'une section de carte qui ne sera plus raffinée selon des considérations décisionnelles. La granularité de ces fragments de processus d'entreprise se trouve réduite par rapport aux approches qui adoptent une vision purement fonctionnelle (Figure 9). L'orchestration des fragments de processus se fait au niveau intentionnel en étant guidée par la structure navigationnelle visible (graphique) des cartes et par les directives décisionnelles associées (les Directives de Sélection d'Intention et de Stratégie).

Le *rôle* décrit une capacité à agir afin d'accomplir des *intentions métier* en suivant les *stratégies* associées à des *sections*. Les *acteurs* jouent ces rôles. Les *activités* qu'ils vont réaliser et l'ordonnancement de ces dernières (pour les fragments de processus bien définis) doivent être spécifiés (Figures 6 et 7). Les acteurs réalisent les activités qui sont les plus petites unités de travail du point de vue du processus d'entreprise. Autrement dit, on ne s'intéresse pas à la structure interne de l'activité, qui peut être hautement complexe, à partir du moment où elle peut être définie sous la forme d'un algorithme dont la réalisation sera sous la responsabilité d'une seule personne dans une durée qui ne souffre d'aucune attente). La préoccupation essentielle d'un fragment de processus bien défini est la coordination des étapes de travail. Un *fragment de processus composé* est défini par une structure de décomposition qui a des *activités* au niveau le plus détaillé. L'ordonnancement (séquence, parallélisme, alternatives) est défini en utilisant les *liens de précédence* et les *critères de choix*, ces derniers sont basés sur des *arguments* qui utilisent les états des *objets métier*. Un fragment de processus est déclenché par un *événement*.

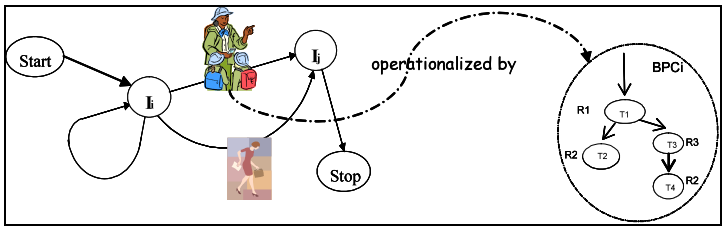

Figure 7- *Articulation entre les niveaux intentionnel and organisationnel – le rôle et l'IAG qui sera spécifiée par un fragment de processus métier* [N04a], [**N05b**]

Les entreprises ne peuvent pas être représentées uniquement par des processus bien définis (Chapitre 2, § 2.3). Un *fragment de processus peu structuré* peut être représenté comme un *sac de fragments de processus* (comme le descripteur *bag* utilisé dans les structures de données) de n'importe quel type (parmi les trois montrés à la Figure 6). Un fragment de processus ad hoc est spécifié comme une *activité de groupe* qui est réalisée collectivement par un *rôle de groupe*, déclenché par un *événement*, générant des événements, utilisant et produisant des *objets métier*. Rappelons que le concept clé des processus ad hoc (et knowledge-intensifs) est le partage d'information et de connaissance au sein du groupe de travail.

Les formalismes de représentation utilisés à ce niveau peuvent être les méta-modèles orientés activité ou produit. Le propos de la Carte est de permettre l'analyse et la compréhension du domaine métier au niveau intentionnel et décisionnel grâce à une visualisation qui permet d'exhiber l'orchestration des logiques locales (déclaratives) et de spécifier ainsi *l'intégration et l'orchestration* des *îlots de fragments de processus d'entreprise* de types variés. Comme le montre la carte globale à la Figure 8, une demande de prêt peut être traitée de multiples manières, par exemple <C1, C5, C7> ou <C1, C4, C6, C8>. La section C1 est raffinée par une carte locale. L'exécution de chaque section de la carte locale (sauf C1.2 qui n'est pas développé) est supportée par une IAG opérationnalisée par un fragment de processus entouré par des traits en pointillés à la Figure 9. Un fragment de processus peut être une activité individuelle réalisée par un acteur qui a un rôle déterminé. Par exemple, PC_C1.1 est réalisé par un acteur qui joue le rôle 'loan service clerk', alors que c'est un 'software

agent' qui réalise PC_C1.6. Un fragment de processus peut être composé d'autres fragments, la composition est décrite par des liens d'ordonnancement, comme pour PC_C1.4 et PC_C1.5.

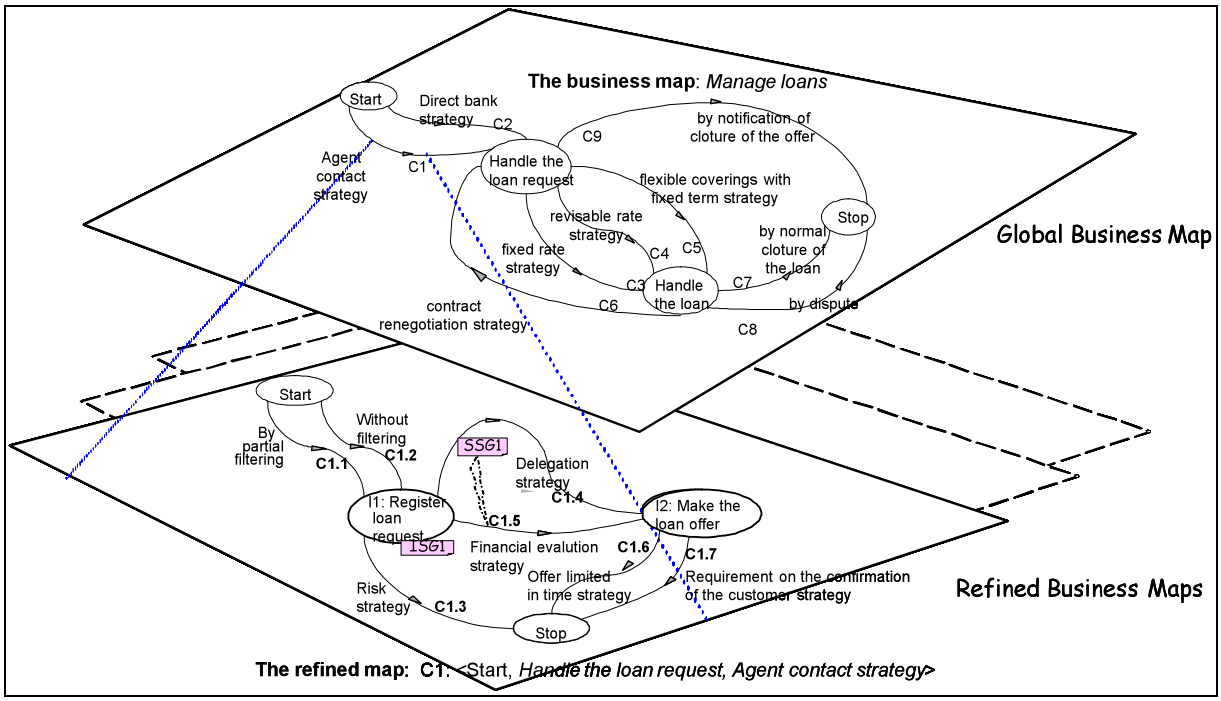

Figure 8- *Les cartes métier et la vue intentionnelle de l'entreprise* [**N05b**]

La modélisation dirigée par les intentions facilite la mise en avant des intentions et des stratégies pour les acteurs métier. Le méta-modèle de la carte offre la flexibilité a priori puisque la navigation sera réalisée dynamiquement pendant l'exécution. Un flux montré en pointillés et avec une flèche portant une pointe épaisse (Figure 9) qui traverse les contours du fragment de processus n'est pas géré au niveau opérationnel mais au niveau décisionnel. L'hypothèse faite est que les conditions des flux sont basées sur les décisions des managers et qu'elles ne sont pas transformables en règles automatisées basées sur les états des objets métier.

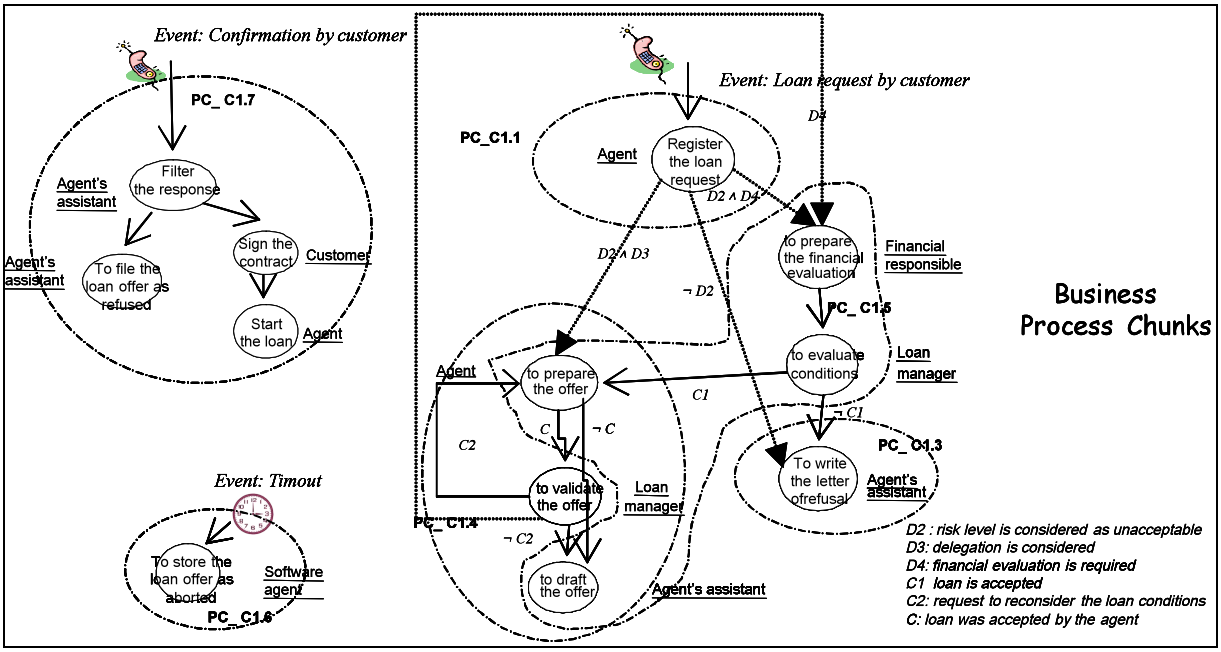

Figure 9- *Les fragments de processus d'entreprise et la vue organisationnelle* [**N05b**]

Nos travaux sur la modélisation intentionnelle des familles de processus [N05a], et sur la modélisation conjointe intentionnelle/organisationnelle des processus [N05b] ont été cités respectivement 47 fois [N05a][17] et 24 fois [N05b][14].

3.4.2. Variabilité et conscience du contexte

3.4.2.1. Rôle et contexte

La recherche autour de la variabilité et la conscience du contexte est menée dans le contexte de la thèse d'Oumaima Saidani [**N06d**], [N07c], [**N07f**], [N08d], [N09c], [N09g].

La modélisation des processus d'entreprise et des systèmes qui les supportent requiert la compréhension et la prise en compte des exigences métier d'une part, et la prise en considération des compétences, des connaissances et des préférences des acteurs qui interviennent dans la définition et l'exécution des processus d'autre part. Ces acteurs peuvent avoir des points de vue différents, voire contradictoires, pas seulement pour formaliser leurs besoins, mais aussi pour décider de la démarche de réalisation des activités métier afin de remplir les responsabilités qui leur sont assignées. Les modèles de représentation proposés dans la littérature pour la spécification des processus, sont essentiellement orientés vers une description détaillée des activités et leur ordonnancement. Ceci a comme principale conséquence de figer les processus dès leur modélisation. Par ailleurs, dans ces modèles, une activité est supposée être effectuée par un seul rôle. Ceci entraîne une rigidité supplémentaire. En effet, en cas d'indisponibilité d'un acteur pouvant jouer le rôle en question, l'activité ne sera pas réalisée. D'autre part, ces modèles supposent la présence de règles qui indiquent d'une manière exhaustive à quels rôles les acteurs sont assignés et la manière dont ils doivent procéder. Ceci limite leur autonomie et efficacité quand des changements rendent inapplicables les manières d'opérer qui étaient prédéfinies. Les acteurs peuvent être amenés à changer de rôles ou à assumer de nouvelles responsabilités d'une manière inattendue, temporaire ou permanente. Un même acteur peut être amené à jouer des rôles différents et ceci dans des contextes différents. Le même raisonnement s'applique aux autres concepts utilisés pour créer un modèle de processus, tels que la composition d'une séquence d'activités. Par exemple, certaines activités du processus peuvent faire partie d'une séquence donnée uniquement dans certains contextes ; ou une activité peut être substituée par une autre selon le contexte … Pour ces raisons, l'assignation des acteurs aux rôles et des rôles aux responsabilités dans le cadre d'un processus d'entreprise doit être flexible. Pour répondre à ces attentes, nous préconisons :

- une approche de modélisation de processus qui implique les acteurs dans l'ingénierie des processus ;
- un mécanisme d'assignation flexible des fonctions aux rôles. Ainsi, la même fonction peut être réalisée par plusieurs rôles dans des contextes différents ; une fonction (tâche dans la méthode OSSAD) est la responsabilité opératoire assignée à un rôle dans un processus ;
- un mécanisme d'assignation flexible des acteurs prenant en compte leurs comportements variables selon le contexte du processus et/ou de l'entreprise.

Nous considérons les acteurs comme des individus qui ont une capacité de décision. Le rôle n'est plus vu comme une entité exécutant une suite d'activités. Au contraire, il incorpore les dimensions de *savoir-faire* et d'*autonomie* ; il est considéré comme une entité responsable de l'accomplissement d'un ensemble de buts opérationnels, qui peut être confronté à des obstacles et qui peut commettre des erreurs. Bien que cette dimension n'a pas encore été étudiée dans les travaux présentés dans ce document, la dimension du risque et sa gestion locale sont essentielles pour une meilleure représentation des processus métier. En vue de structurer les buts opérationnels des acteurs, nous

[17] S. Nurcan, A. Etien, R. Kaabi, I. Zoukar, C. Rolland. A Strategy Driven Business Process Modelling Approach. Special issue of the Business Process Management Journal on "Goal-oriented business process modeling", Emerald, 11:6, 2005.

avons défini le concept de *fonction*. Le rôle est assigné à des fonctions dont il sera responsable, en ayant une marge de liberté pour définir et réaliser ces fonctions. Les concepts de base de notre approche sont alors le *rôle* et la *fonction*. Un rôle peut représenter une compétence pour réaliser des fonctions particulières (ingénieur) ou bien une autorité ou une responsabilité (chef de projet). Il peut être responsable de l'accomplissement d'une fonction, il peut également être responsable de la réalisation d'un processus ou de la satisfaction d'un but. Une fonction est définie comme une collection de buts opérationnels qui sont atteints en effectuant des opérations.

L'entreprise est structurée en un réseau des processus inter reliés qui coopèrent pour atteindre des buts métiers. Un acteur fait partie d'une ou plusieurs unités d'organisations (équipe de projets, départements, succursales). L'acteur est assigné à des rôles appropriés en se basant sur ses qualifications et ses compétences, et réalise des fonctions. Chaque fonction définit la responsabilité d'un rôle dans un processus. L'introduction du concept de fonction rend possible la prise en compte des compétences et les préférences des acteurs. En effet, les responsables des processus identifient d'une manière globale les processus, les fonctions et les rôles qui interviennent dans leur réalisation, et délèguent la responsabilité de définir en détail la démarche de réalisation des fonctions aux acteurs concernés qui peuvent, à leur tour, impliquer d'autres acteurs dans la réalisation de la fonction. L'acteur définit et agence la réalisation des buts opérationnels et des fonctions dans le choix qu'il désire appliquer. Ainsi, le processus est construit d'une manière indissociable de la contribution des acteurs. Les compétences et les savoir-faire des acteurs ne sont plus seulement considérés comme des ressources pour la réalisation des buts opérationnels, mais aussi comme des ressources pour la définition de la mise en œuvre de ces derniers.

Les responsabilités et les capacités d'un acteur peuvent varier selon les situations auxquelles il fait face. Par exemple, dans une situation d'urgence, un acteur peut être autorisé à assumer une responsabilité, qui nécessiterait des qualifications supérieures dans un contexte normal. Nous introduisons la notion de contexte pour capturer la variabilité du comportement de l'acteur. D'autre part, un acteur chargé de la réalisation d'une fonction, peut coopérer avec d'autres acteurs pour réaliser les buts opérationnels associés à la fonction en question. Certains cas, par exemple, l'absence, nécessitent le remplacement d'un acteur. Un mécanisme est nécessaire pour cadrer ces pratiques ; nous introduisons ainsi la délégation. L'assignation des acteurs aux rôles peut être faite de deux manières : (i) directement par le pilote (le responsable désigné) du processus en prenant en considération leurs compétences et le contexte ou (ii) par le mécanisme de délégation.

Le modèle de processus métier RB²PM (*Role Based business Process Model*) qui traite des rôles, des contraintes de séparation des fonctions et de la délégation a été publié dans [**N06d**][18] et **a été cité 24 fois**.

Les raisons qui nécessitent un mécanisme de délégation sont nombreuses : la décentralisation de la prise de décision, le travail d'équipe, le conflit d'intérêt d'un acteur concernant la fonction qu'il doit réaliser, le manque de ressources pour réaliser un travail, les circonstances imprévues telles que les absences non planifiées. Pour répondre à ces besoins, nous introduisons le concept de délégation basée sur le contexte [N07c]. Le but est de rendre les règles métiers plus flexibles, les processus plus efficaces, et la gestion et le contrôle des processus plus cohérents avec les situations réelles. Le concept de délégation a été étudié dans la littérature sous plusieurs angles : la délégation de type acteur/machine [Gasser, 1990] ; la délégation entre machines [Henry et al., 1997] ; la délégation entre processus dans un environnement objet distribué [Nagaratnam et. al, 2001] ; la délégation entre rôles d'administration [Sandhu et al., 1999] ; la délégation des droits dans un contexte de sécurité [Barka et al., 2000], [Sandhu et al., 1999] ; la délégation dans le contexte de gestion de

[18] O. Saidani, S. Nurcan. A role based approach for modeling flexible business processes. The 7th Workshop on Business Process Modelling, Development, and Support (BPMDS'06), (in association with the CAISE'06 Conference), Springer Verlag (pub), Juin 5-6, 2006, Luxembourg.

processus logiciels distribués [Becker et al., 2001] ; la délégation d'obligations et de permissions [Schaad et al., 2002].

La délégation telle qu'elle est décrite dans ces travaux ne tient pas compte du contexte dans lequel elle est réalisée. D'autre part, la délégation est définie, dans la plupart de ces travaux, comme (i) un mécanisme de substitution de la totalité ou d'un sous ensemble de rôles d'un acteur à un autre acteur [Barka et al., 2000], ou (ii) la capacité d'un acteur de déléguer à un autre acteur quelques permissions liées au rôle qu'il joue [Barka et al., 2000], ou seulement quelques tâches [Dowson, 1987]. Dans certains cas, un acteur peut avoir besoin de déléguer une fonction (responsabilité identifiée dans un processus) associée à l'un de ses rôles. Dans d'autres cas, la délégation de rôle à rôle est requise, par exemple, si le 'gestionnaire de prêts' est absent, ses responsabilités peuvent être déléguées à d'autres employés en se basant sur leurs capacités (rôles) plutôt que sur leurs identités (acteurs individuels).

Nos contributions par rapport à la délégation sont les suivantes :

- Adresser la délégation sur différents niveaux de granularité, allant des buts opérationnels des individus jusqu'au buts métiers assignés aux processus.
- Les travaux sur la délégation se focalisent uniquement sur 'qui délègue' 'quoi' 'à qui' ? Ils ne répondent pas aux questions 'pourquoi' et 'comment' déléguer ? Nous introduisons ces facettes dans notre modèle de délégation. La facette 'pourquoi' permet de contrôler et de justifier les activités de délégation. La facette 'comment' permet de préciser les instructions pour la réalisation du travail délégué [N07c], [N09c].

La connaissance liée au contexte est importante et doit être prise en compte dans la modélisation du processus. Elle a un impact sur toutes les relations d'assignation présentes dans le formalisme utilisé. Nous avons enrichi le modèle RBPM afin de capturer la connaissance liée au contexte. Le méta-modèle résultant est C_xRB²PM [**N07f**] (Méta-modèle des processus basée sur les rôles et le contexte, *Context and Role-Based Business Process Model*) (Figure 10). La capacité d'un acteur à jouer un rôle et également le degré d'autonomie qui lui est accordé varient selon le contexte. Par exemple, un acteur expérimenté doit avoir plus d'autonomie qu'un novice. Si la modélisation ne tient pas compte du contexte, en l'occurrence ici, l'expérience, une fonction risque de ne pas être bien réalisée par un acteur novice auquel on aura accordé une autonomie totale. De même, la fonction risque de consommer plus de ressources (temps) si elle est réalisée par un acteur expérimenté contraint par une démarche préétablie que si cet acteur bénéficiait d'une plus grande marge de manœuvre. Le pilote du processus détermine quel acteur peut jouer quel rôle et dans quel contexte. A l'exécution du processus, l'acteur le plus approprié pour jouer un rôle particulier va être sélectionné. De même, les fonctions les plus appropriées pour composer un processus donné sont sélectionnées. Il en va de même pour le reste des relations d'assignation. La Figure 11 montre un exemple de modèle de contexte.

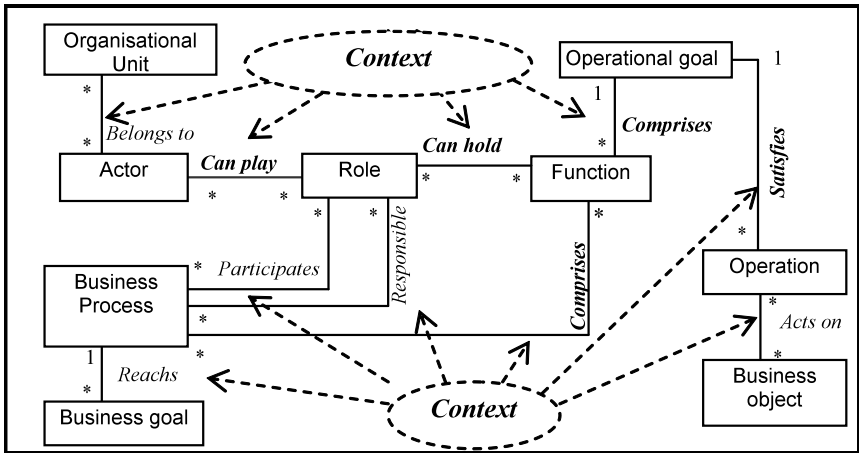

Figure 10- *Le méta-modèle de CxRB2PM* [**N07f**]

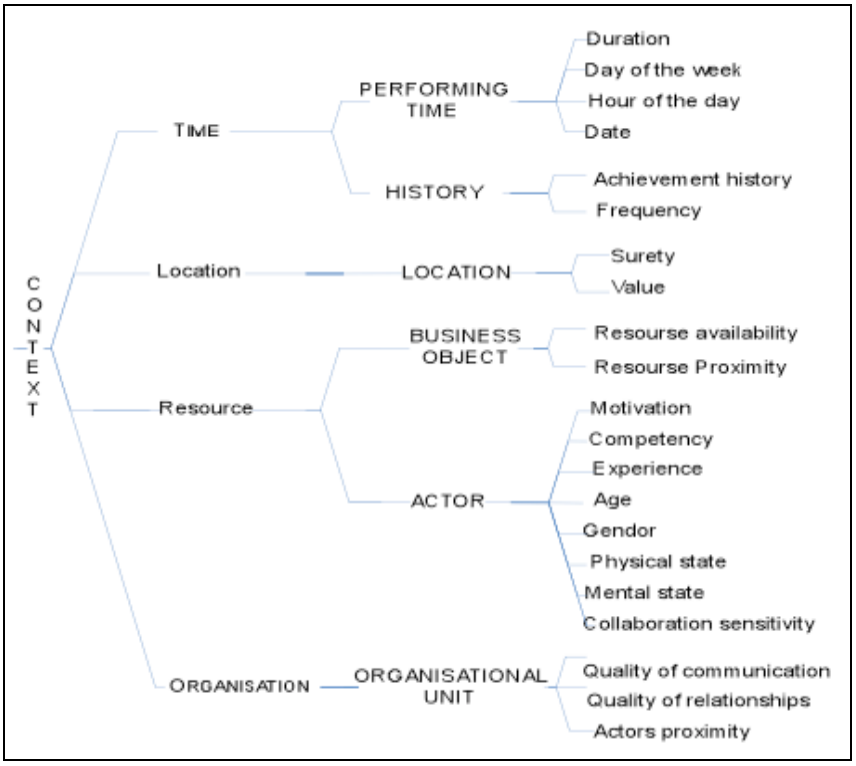

Figure 11- *Exemple de modèle de contexte* [**N07f**]

Nos travaux sur la flexibilité des processus d'entreprise basée sur le contexte ont été cités 36 fois [N07f][19].

La thèse de doctorat d'Oumaima Saidani, proposera une approche d'adaptation des processus d'entreprise face aux exigences de changement. Les principaux résultats attendus sont les suivants :

- un méta-modèle de processus d'entreprise intégrant l'exigence de variabilité et structuré en cinq composants : un méta-modèle des buts ; un méta-modèle organisationnel ; un méta-modèle fonctionnel ; un méta-modèle de qualité (pour les exigences non fonctionnelles) ; un méta-modèle de ressources ;
- un méta-modèle de contexte qui se veut générique, extensible et intégrable à d'autres cadres et approches de modélisation de processus ;
- une démarche pour guider la construction et la contextualisation des modèles de processus d'entreprise par instanciation des méta-modèles proposés ;
- une démarche et des mécanismes pour adapter les processus d'entreprise face aux besoins de changement.

[19] O. Saidani, S. Nurcan. Towards Context Aware Business Process Modelling. The 8th Workshop on Business Process Modelling, Development, and Support (BPMDS'07, (in association with the CAISE'07 Conference), Springer Verlag (pub), June 11-12, 2007, Trondheim, Norway.

3.4.2.2. Variabilité basée sur la configuration locale des artefacts de représentation dans une perspective dirigée par les activités

3.4.2.2.1. Enrichissement des patrons de comportement et étude de leur adéquation à la nature des processus

Un premier travail a été réalisé et publié en 2008 [N08h]. L'étude se base sur la catégorisation définie dans [Alonso et al., 1997], qui distingue les applications workflow de quatre types: production, administratif, collaboratif et ad hoc. Comme souligné dans la sous-section 3.2.1.3, les formalismes de représentation offerts par les SGWF commercialisés sont capables de spécifier les deux premiers types de processus uniquement. De nombreux travaux ont été mis en œuvre dans la communauté de recherche sur les workflows et le BPM en vue de supporter les deux autres types de processus. Des formalismes prescriptifs enrichis (§ 3.2.4.3) et des mécanismes pour supporter la flexibilité (§ 3.2.3) par adaptation (a posteriori) sont proposés dans la littérature.

Dans [Russell et al., 2005], [van der Aalst et al., 2000b] les auteurs présentent un ensemble de patterns de workflow dont le but est de caractériser les besoins fondamentaux et récurrents qui surviennent lors de la modélisation d'un processus d'entreprise. L'approche basée sur les patterns pour l'identification de constructeurs génériques a été proposée la première fois dans [van der Aalst et al., 2000b]. Ce travail identifiait alors 20 patterns de contrôle correspondant à la perspective de flux de contrôle des SGWF. L'approche des patterns a été étendue dans [Russell et al., 2006] avec 43 patterns de ressource. Ces travaux ont déclenché d'autres études dans deux directions : la première est l'utilisation des patterns pour établir une base formelle pour déterminer les besoins de représentation selon la perspective de flux de contrôle ; la seconde est l'utilisation des patterns pour évaluer des langages de modélisation de processus d'entreprise. Les patterns ont été très populaires aussi bien chez les théoriciens que les praticiens pour avoir permis de comparer, de discuter et d'enrichir les SGWF selon leur capacité à supporter ces patterns (car ils ne dépendent d'aucun formalisme de modélisation ou d'implémentation technologique). On distingue trois familles de patterns : contrôle, ressources et données [Russell et al., 2006], [Russell et al., 2005], [Russell et al., 2004]. Les patterns de contrôle enrichissent la représentation prescriptive dirigée par les activités en définissant des comportements d'aiguillage plus complexes que les cinq classiques dans les langages impératifs (la séquence, and-split, and-join, or-split, or-join). Les patterns de ressource ont pour objectif de modéliser et de représenter les différentes manières dont les ressources humaines sont représentées et utilisées (allocations) dans un workflow (modèle ou instance).

Nous nous sommes intéressées, dans le cadre de mémoire de master recherche de K. Bessai, aux patterns de contrôle et de ressource pour pouvoir ajouter plus de flexibilité dans une représentation dirigée par les activités [Bessai, 2007/ER]. Notre objectif était de montrer l'adéquation et la pertinence de ces patterns de comportement selon la nature des processus à représenter (production, administratif, collaboratif, ad hoc), avec des besoins organisationnels spécifiques et variés. Nous avons ainsi estimé l'importance de chaque pattern de contrôle et de ressource au regard de chaque type de processus et appliqué une méthode multicritère ELECTRE III dans le but de classer les formalismes offrant ces patterns de contrôle selon leur adéquation à représenter tel ou tel type de processus. Les études que l'on trouve dans la littérature, dont l'objectif est d'évaluer des formalismes comme BPMN ou EPC, ont pour point commun de définir une échelle à trois niveaux : un pattern est supporté (noté +), plus au moins supporté (+/-) et n'est pas supporté (noté -). En nous basant sur ces évaluations, nous avons défini une échelle cardinale de 1 à 3, où + , +/- et - sont représentés respectivement par 1, 2 et 3. Nous obtenons ainsi une matrice de performance permettant l'application de la méthode ELECTRE III.

Nous avons ensuite donné des poids différents aux patterns en fonction du type de processus en étant guidée sur notre expérience de modélisation de processus. Cette évaluation de l'importance des patterns reste donc partiellement subjective. L'importance est représentée sur une échelle à quatre valeurs allant du "pattern très important (++)" au "pattern pas du tout important (- -) ", avec deux valeurs intermédiaires "pattern peu important (-)" et "pattern important (+)". Les poids sont ensuite déterminés en se basant sur les caractéristiques de chacun des types de processus

considérés. Concrètement, ces poids sont définis, en attribuant à chacun des jugements qualitatifs (très important, important, peu important, pas du tout important) un poids compris entre zéro et un. Les classements obtenus pour les quatre types de processus après application de la méthode multicritère d'aide à la décision ELECTRE III, sont présentés dans [N08h].

Nous avons ensuite étendu cette proposition, en exploitant la notion de *contexte* introduite dans [**N07f**] et discutée dans la section 3.4.2.1, pour une évaluation et une reconfiguration des processus d'entreprise. Le processus d'évaluation consiste à (i) identifier la nature du processus et (ii) identifier les patterns les plus appropriées à la nature du processus pour sa reconfiguration [**N08f**]. Nous partions de deux observations dans ce travail : (i) le modèle de processus impacte la performance de ses occurrences ; (ii) les ressources sont allouées en étant contraint par le modèle de processus. Un arbre de contexte (Figure 12) a été défini pour comprendre le contexte d'exécution des occurrences de processus et identifier leur nature. Cette compréhension du contexte de réalisation nous permet de choisir les patterns appropriés lors de la reconfiguration du modèle de processus.

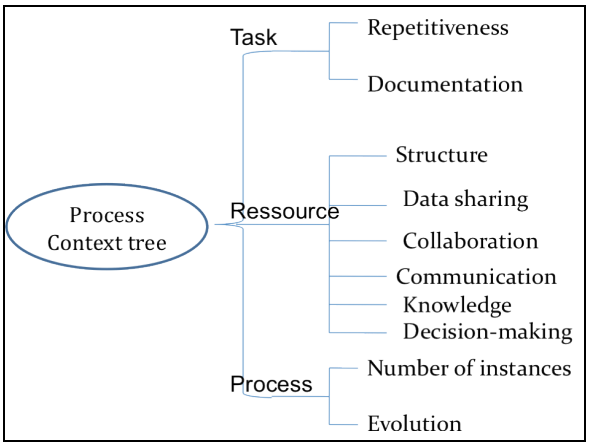

Figure 12- *Arbre de contexte pour l'identification de la nature du processus* [**N08f**]

Ce travail sur l'utilisation de la connaissance du contexte de réalisation des processus d'entreprise pour la reconfiguration de leurs modèles en utilisant les patterns de comportement plus appropriés a été publié [N08f][20] et cité 22 fois.

Dans le cadre de ce travail, j'ai initié une étude empirique réalisée avec quatre doctorants dont je supervisais la thèse. L'objectif de l'étude menée avec plusieurs groupes d'étudiants, de niveau bac+5 pendant un cours de modélisation de processus (MIAGE et école d'ingénieur), et sur au moins deux années scolaires, était double : (i) faire une première validation des valeurs basées sur jugement d'expert, obtenues dans le travail précédent [N08h], [**N08f**], à savoir l'importance de chaque pattern de workflow au regard de chaque type de processus ; (ii) identifier d'autres facteurs qui ajoutent des biais dans l'activité de modélisation, notamment en modélisation de processus. Si la nature des processus reste un critère invariable (on donnait les mêmes études de cas à tous les groupes), l'ordre des enseignements dans l'année, les cursus variés des étudiants et d'autres facteurs non relevés à ce jour peuvent impacter la manière dont les analystes utilisent les patterns de contrôle. Mon objectif était de faire du mining manuel sur les productions des étudiants afin d'identifier des corrélations entre la nature de chaque processus étudié et l'usage des patterns par les étudiants, mais aussi entre les autres facteurs et l'usage des patterns. Cette étude empirique n'a pas abouti car nous n'avons pas pu aller plus loin que le recueil des modèles ; cependant mon souhait de creuser le sujet reste intact.

[20] K. Bessai, B. Claudepierre, O. Saidani, S. Nurcan. Context-aware Business Process Evaluation and Redesign. The 9th Workshop on Business Process Modelling, Development, and Support (BPMDS'08, (in association with the CAISE'08 Conference), CEUR (pub), June 16-17, 2008, Montpellier, France.

3.4.2.2.2. Spécifications configurables déclaratives

Pour la représentation des processus non structurés et créatifs, nous avons envisagé le relâchement des contraintes d'un langage prescriptif (BPMN), pour le faire évoluer vers une catégorie de formalisme plus déclarative (§ 3.2.4.2). L'approche proposée préconise des spécifications configurables déclaratives dans trois phases du cycle de vie du BPM: design, déploiement, exécution.

Cette étude [N010l] et [N11a][21], initiée et menée par Irina Rychkova, est en cohérence avec mes recherches autour de la flexibilité et de la variabilité des processus. Cette cohérence nous a permis de produire de nombreuses co-publications depuis 2010 [N010l], [N11a], [N11d], [N010e], [N010f].

3.4.2.3. Processus d'entreprise non structurés et applications sociales

La classification des processus donnée par Alonso *et al.* (§ 3.2.1.3) n'est pas pleinement satisfaisante car elle fait un mélange non homogène des axes "valeur métier" et "répétitivité" [Alonso *et al.*, 1997].

Je fais une tentative de classification plus rigoureuse à la Table 1.

Processus de management	Supervision directe ***EIS, BSC***	Ajustement mutuel ***SoS, GDSS, IBIS/QOC***
Processus de réalisation	Standardisation des processus ***WFMS*** *1*	Standardisation des compétences ***WFMS flexibles, BPMS, SoS*** *3 ou 4*
Processus de support	Standardisation des processus ***WFMS*** *2*	Standardisation des compétences ***WFMS flexibles, messagerie, SoS*** *3 ou 4*
	Prédictible, répétitif	**Non prédictible, créatif**
	1 : Processus de production *2 : Processus administratifs* [Alonso et al., 1997]	*3 : Processus collaboratifs* *4 : Processus ad hoc*

Table 1- *Classification des processus d'entreprise*

Pendant les dix dernières années, des travaux sur l'influence des réseaux sociaux ont vu le jour dans de nombreuses disciplines. "Social software engineering" est devenue une branche de l'ingénierie du logiciel. Cette discipline peut être étudiée de deux différentes manières :

- ***Le processus d'ingénierie : Le génie logiciel comme une activité sociale***. De nombreux travaux en psychologie et sociologie ont tenté d'expliquer et de classifier les comportements sociaux des individus. La communauté de génie logiciel a finalement dépensé assez peu d'efforts pour intégrer certains résultats de ces travaux dans les processus de développement de logiciels afin d'améliorer la productivité des équipes. L'un des pionniers du développement de logiciel comme une activité sociale est Weinberg [Weinberg, 1998]. Son travail est essentiellement ciblé sur la réingénierie des processus de développement logiciel ; il est caractérisé par le focus sur l'autonomie des personnes (people empowering). Vue sous cet angle, une communication effective et efficace joue un rôle clé dans l'ingénierie du logiciel [Weinberg, 1997]. Lui et Chan adoptent aussi une approche centrée sur l'individu et proposent différentes approches pour la programmation collaborative [Lui et al., 2008]. Sawyer souligne que la perspective sociale concerne plus que l'agrégation des caractéristiques et actions des développeurs individuels, et que l'équipe doit être considérée comme une unité d'analyse en soi [Sawyer, 2004]. Les études de DeMarco et Lister montrent que dans les grands projets, les développeurs, passent environ 70% de leurs temps avec les autres [DeMarco et al., 1987]. Jones relève que les activités de groupe

[21] I. Rychkova, S. Nurcan. Towards Adaptability and Control for Knowledge-Intensive Business Processes: Declarative Configurable Process Specifications. Proceedings of the 44th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Kauai, Hawaii, USA, 4-7 January 2011.

consomment 85% du budget des applications logicielles de grande taille [Jones, 1986]. Finalement Yourdon identifie un ensemble de projets informatiques qui n'ont quasiment aucune possibilité de réussir étant donnée la manière dont ils sont organisés [Yourdon, 1999]. Pour plus d'information, voir [Forsyth, 2006] et [Ahmadi et al., 2008].

- ***Le logiciel produit : Des applications sociales pour supporter n'importe quelle activité de groupe***. De nombreuses applications ont été développées pour supporter, gérer et améliorer les activités "communautaires" d'un groupe. Une application sociale prend en considération les relations entre les membres d'une communauté et supporte les activités communautaires pour le bénéfice du groupe. De mon point de vue, toutes les applications supportant la communication et la collaboration entre les participants (donc des CSCW) peuvent être considérées comme des applications sociales. Le support logiciel apporté peut être soit indépendant du domaine (email, messagerie instantané), soit spécifique à un domaine et une communauté et représentant alors les communications et collaborations existantes entre les membres du groupe dans des environnements virtuels (génie logiciel, diagnostic médical, gestion des crises). De nombreux auteurs proposent l'usage des applications sociales (support de réseaux sociaux) pour augmenter la connectivité des personnes et la productivité des groupes [Ogata et al., 2001], [McDonald, 2003], [Cross et al., 2004].

> Ce survol me renvoie à l'observation faite en 1993 pour la conception des systèmes d'information qui supportent la coopération (page 8). A cette période, je m'étais intéressée à la conception de systèmes intégrant le travail coopératif parce que cette voie était alors très peu explorée et mes activités professionnelles m'avaient placé dans un cadre où j'avais naturellement orienté mes recherches vers le CSCW.
>
> Les travaux qui ont été réalisés depuis une dizaine d'années dans le domaine des "social software" (SoS) se sont en grande partie inspirés des travaux réalisés dans la discipline CSCW (Chapitre 2). **C'est avec cette vision que j'ai co-fondé en 2008 avec Rainer Schmidt de l'Université d'Aalen, le workshop intitulé "BPM and Social Software". L'appel à communications de la 4ème édition de cet atelier se trouve dans le second document (§ 3.3).**

Nous avons identifié trois verrous du BPM pour lesquelles les applications sociales peuvent apporter des leviers de résolution : (i) le fossé entre les modèles et la réalité ; (ii) le manque de compréhension entre ceux qui modélisent et les acteurs qui exécutent; (iii) le manque de feedback pour améliorer les modèles de processus qui conduit à une déviation grandissante dans le temps entre le modèle et la réalité et à la création de modèles locaux. Nous avons identifié quatre piliers de succès pour tenter de faire sauter ces verrous par l'usage les applications sociales et au service des réseaux sociaux qui les utilisent (dans le cadre du BPM et donc d'un environnement professionnel).

- ***Weak and Strong Ties*** – *Granovetter* : Les applications sociales supportent la création des "liens lâches" tels qu'identifiés par Granovetter [Granovetter, 1973], [Granovetter, 1983] par opposition aux paradigmes traditionnels de production tels que le Fordisme (production de masse) et le Taylorisme (division du travail) qui sont basés sur les "liens forts". Il s'agit des connections entre les individus qui leur permettent d'accéder à l'information ou à d'autres éléments qui ne sont pas accessibles par les liens imposés par la hiérarchie ou par leur appartenance à leur groupe. Ces liens sont essentiels pour accroitre l'agilité de l'entreprise et permettre l'innovation.
- ***Wisdom of the Crowds*** – *Surowiecki* : Les applications sociales offrent des mécanismes qui supportent les idées individuelles que Surowiecki a qualifié comme 'la sagesse des foules' [Surowiecki, 2004]. Dans beaucoup de situations de décision qui n'ont pas de solution optimale 'calculable', une solution presque optimale peut être trouvée en combinant un grand nombre d'entrées. Seuls un petit nombre d'experts pourraient alors trouver une meilleure solution. Un exemple parlant est la bourse; peu de fonds d'investissement font mieux que les indices comme Dow Jones et il n'est pas possible de prédire lesquels. L'idée même de la démocratie dans les

sociétés occidentales est basée sur ce principe. Ce dernier exemple montre très limpidement que pour que l'hypothèse de Surowiecki soit vérifiée, il faut que les individus qui forment la communauté soient autonomes, formés, informés et disposent du libre arbitre.

- ***Production Social*** **-** *Benkler, Tapscott* : Ces auteurs mettent en question la création isolée [Benkler, 2006], [Tapscott et al., 2006] et suggèrent d'ouvrir l'entreprise aux idées qui viennent de l'extérieur (par exemple des blogs mis à disposition des clients) et de faire coopérer des personnes avec des compétences variées pour créer des produits compétitifs.
- ***Service-Dominant Logic*** **–** *Vargo et Lusch* : Il s'agit d'une nouvelle approche du marketing [Vargo et al. 2008] qui préconise que l'approche traditionnelle orientée "biens" soit remplacée par une approché orientée 'service'. Ce paradigme souligne que ce que veut le client est le service fourni par le produit. Il devient donc indispensable d'interagir avec les clients pour définir le service. Le client, de son rôle de consommateur 'passif', évolue vers un rôle de co-créateur de valeur.

Le papier introductif du premier atelier BPMS2 présente nos hypothèses et pistes de solutions (2008) [N09b][22] et a été référencé 23 fois.

Suite aux deux premières éditions de BPMS2, **deux articles ont été produits par la collaboration** des auteurs principaux des papiers de l'atelier et des deux organisateurs, [**N10g**][23] pour l'édition 2008 et **[N11c]**[24] pour l'édition 2009**. Le premier [N10g] a été référencé 22 fois.**

3.4.3. Configuration dynamique

La dynamicité et le lissage de la charge de travail des acteurs en vue d'assurer la performance d'un réseau de processus d'entreprise font l'objet de la thèse de doctorat de Kahina Bessai [N08h], [**N09d**], [N10j], [N12c], [N12f], [N12g], [N12h].

L'objectif de la recherche autour de la ***dynamicité*** (***configurabilité*** pendant l'exécution) est d'être capable, dans les entreprises tertiaires, d'assurer une obligation de résultat (par exemple sur des délais garantis) à partir d'une demande de travail variable et des ressources que l'on peut considérer comme invariables sur la période de variation de la charge entrante. Pour cela, il est envisagé de (i) définir les artéfacts requis pour représenter le lissage dynamique du travail dans la modélisation et l'exécution des processus d'entreprise et par conséquent, dans la représentation de l'usage qui sera fait des systèmes informatiques supportant les activités; (ii) déterminer le paradigme d'exécution qui rendrait possible cette gestion dynamique "autour de l'acteur" et (iii) définir un moteur d'exécution qui sache gérer la dynamicité de l'allocation des ressources.

Les travaux de la littérature cités dans la section 3.2.4.5 ne traitent pas de la variabilité dans la charge de travail ainsi que l'environnement complexe dans lequel les ressources interviennent. Nos études portent sur deux axes complémentaires : (i) la détermination des conditions dans lesquelles une politique d'allocation de ressources est meilleure qu'une autre ; (ii) la détermination des conditions que doit vérifier chacun des processus interagissant ensemble, ainsi que les propriétés

[22] R. Schmidt, S. Nurcan. BPM and Social Software. Proceedings of the BPM 2008 Workshops, LNBIP 17, pp. 625-634, 2009. Springer-Verlag.

[23] S. Erol, M. Granitzer, S. Happ, S. Jantunen, B. Jennings, A. Koschmider, S. Nurcan, D. Rossi, R. Schmidt, P. Johannesson. Combining BPM and Social Software : Contradiction or Chance ? Special issue of the Software Process: Improvement and Practice Journal on "BPM 2008 selected workshop papers", Volume 22, Issue 6-7, pp. 449-476, October-November 2010.

[24] G. Bruno, F. Dengler, B. Jennings, R. Khalaf, S. Nurcan, M. Prilla, M. Sarini, R. Schmidt, R. Silva. Key challenges for enabling Agile BPM with Social Software. Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice, incorporating Software Process: Improvement and Practice, Special Issue on BPM'09 selected workshop papers, Volume 23, Issue 4, pp. 297-326, June 2011.

que doit vérifier chaque processus dans le cadre de la composition pour que l'ensemble soit cohérent; autrement dit nous nous intéressons à l'allocation des ressources au sein d'un réseau de processus d'entreprise.

> Dans [**N09d**][25] nous avons entamé la définition des composants de base pour l'architecture d'un moteur d'exécution tourné vers l'acteur et sa charge de travail (qui provient de multiples origines, pas uniquement d'un environnement logiciel).

L'articulation des processus au sein d'un réseau de processus et la configurabilité de l'allocation des ressources pendant l'exécution de l'ensemble des processus font aussi l'objet de notre recherche [N10j], [N12c], [N12f], **[N12g]**, [N12h]. La prochaine étape de cette recherche consistera à extrapoler les résultats obtenus dans les publications récentes de K. Bessai pour les processus dits scientifiques (les exécutants sont des agents logiciels) et qui ont la particularité de s'exécuter sur le Cloud, à des processus d'entreprise dans lesquels les ressources qui exécutent les tâches sont des acteurs humains.

3.5. Conclusion

L'informatisation des activités de l'entreprise, portée par l'informatique de gestion, a démarré dans les années 70 par les processus de support (§ 3.2.1.3). Dans les années 90, ce sont les processus de réalisation, liés au cœur de métier de l'entreprise qui ont été sous les projecteurs. Si les formalismes dirigés par les activités étaient satisfaisants pour ce type de processus dans un environnement stable, ils le sont beaucoup mois aujourd'hui. La raison est double : (i) l'environnement est en mouvement perpétuel ; (ii) la nécessité de support informatique est montée vers les niveaux de décisions stratégiques de l'entreprise où les artéfacts manipulés sont les objectifs, la stratégie et les décisions, plus que la manière de les rendre opérationnels. Nous avons donc besoin de formalismes qui sachent répondre aux deux nouvelles exigences des deux dernières décennies : *la mise en exergue du* ***pourquoi*** (*intention*) et *la* ***réactivité*** (*décision*) et l'agilité face aux changements, si possible par anticipation.

Il est aisé de constater que les approches traditionnelles de modélisation de processus ne sont pas à la hauteur des nouveaux besoins et qu'il est indispensable d'offrir aux praticiens des formalismes qui permettent de représenter :

- les buts métier qui justifient la mise en œuvre des processus d'une entreprise ; les manières d'accomplir les buts; et les choix d'adaptation à effectuer pour l'accomplissement des buts et pour la sélection des manières ;
- les processus d'entreprise, les acteurs impliqués, leurs activités et leurs interactions ainsi que l'usage qu'ils font des supports logiciels ;
- la nature variable de ces processus au niveau organisationnel (qui, quoi, où, quand, comment) ;
- les liens (la cohérence) entre les buts métier et leur mise en œuvre organisationnelle et opérationnelle ;
- les caractéristiques du contexte qui guident les choix d'adaptation ou de configuration aussi bien au niveau intentionnel qu'organisationnel;
- la configurabilité des occurrences de processus pendant l'exécution grâce à la capacité à capturer les changements significatifs du contexte (context awareness), notamment les préférences et la charge de travail des acteurs impliqués ;
- la capacité des modèles de processus d'entreprise à évoluer pour se conformer à la réalité lorsque c'est nécessaire.

[25] K. Bessai, S. Nurcan. An actor-driven approach for business processes - How to take into account the environment of work? The 10th Workshop on Business Process Modelling, Development, and Support (BPMDS'09, (in association with the CAISE'09 Conference), LNBIP 29 (Springer), June 8-9, 2009, Amsterdam, The Netherlands.

La complétude, la lisibilité et l'aptitude à être partagé apparaissent clairement comme des qualités essentielles des modèles de processus.

Quatre qualités des modèles (et méta-modèles) de processus d'entreprise ont retenu mon attention pour répondre à ces exigences :

- La ***modélisation intentionnelle*** des processus d'entreprise avant d'en donner une spécification organisationnelle et opérationnelle ; la ***modélisation déclarative*** des processus qui semble être apte à capturer les logiques locales et en même temps plus agile face aux changements de part la granularité des définitions locales.

  Se focaliser sur le "pourquoi" est essentiel pour éviter les détails inutiles et pour se concentrer sur l'essence même de l'entreprise, autrement dit sur ce qui doit être accompli et les stratégies requises pour cela, indépendamment de la manière d'accomplir ; cela permet d'obtenir une vision holistique de la connaissance d'entreprise.

  Une hiérarchie de buts métier offre aussi une modélisation intentionnelle de l'entreprise (voir § 4.4.1.1). Cependant avec les processus d'entreprise qui sont attachés aux feuilles de la hiérarchie, cette représentation reste impérative ; d'où le choix de la Carte pour combiner ces deux qualités recherchées. Une carte a l'aptitude à visualiser une orchestration non figée des logiques de fonctionnement locales (décrites dans les sections).

  Le raisonnement par les buts supporte aussi plus naturellement la coproduction des représentations [N98e]. Il facilite la compréhension des problèmes et permet de communiquer sur les aspects essentiels (le pourquoi) avant de passer à la mise en œuvre des objectifs en utilisant des représentations organisationnelles et opérationnelles qui sont forcément plus détaillées et dans lesquelles les divergences locales ne vont pas tarder à apparaître.

- La ***variabilité*** portée par les modèles de processus d'entreprise. La modélisation intentionnelle nous permet de capturer la *variabilité* à un niveau *intentionnel*. Nous devons ensuite zoomer sur les spécifications et les variantes au niveau organisationnel et opérationnel. L'enjeu est d'établir une relation étroite entre le "pourquoi" et le "quoi" ainsi que le "comment". Cette relation est primordiale pour conduire le changement organisationnel et pour propager les (souhaits de) changements institutionnels exprimés au niveau de l'exécutif dans des transformations organisationnelles et opérationnelles que le management intermédiaire va devoir mettre en place sur le terrain.

  J'observe qu'avec les paradigmes et les mécanismes d'implémentation et d'exécution disponibles aujourd'hui, la représentation organisationnelle et opérationnelle est indispensable. Je suis aussi convaincue que la représentation par les buts offre la bonne 'entrée' pour obtenir des représentations de nature opératoire plus cohérentes avec la réalité, les besoins de l'entreprise et les compétences des opérationnels, et en même temps plus modulaires donc plus évolutives dans la durée.

  Nous proposons de capturer la *variabilité organisationnelle* en mettant *l'acteur* et le *rôle* au cœur de l'ingénierie des processus et en offrant un mécanisme d'assignation des acteurs aux rôles et des rôles aux différentes unités de travail (processus, fonction, but opérationnel, opération) selon les paramètres du contexte. La variabilité organisationnelle et opérationnelle peut aussi être capturée en relâchant les restrictions fortes des flux de contrôle classiques, comme réalisé par les patrons de comportement des workflow, ou par une représentation déclarative dans une perspective qui reste dirigée par les activités.

- La ***conscience du contexte*** semble essentielle pour sortir les processus d'une obligation d'exécution répétitive et routinière qui rend l'entreprise inapte à réagir aux évolutions de son environnement interne ou externe. Cela nécessite qu'un modèle de contexte pour l'ensemble des processus de l'entreprise soit défini, comportant des paramètres génériques mais aussi des paramètres spécifiques au domaine. Nous proposons une formalisation de la notion de ***contexte*** intégrant les multiples aspects qui peuvent caractériser non seulement un processus d'entreprise, mais aussi, les acteurs du processus et l'environnement dans lequel le processus s'exécute. Notre souhait à terme est de pouvoir offrir aux familles de processus une conscience

du contexte en mode push. Cela nécessite que les *indicateurs* appropriés soient identifiés a priori (un peu comme les événements internes de Rémora ou les capteurs virtuels ou logiques d'Indulska, voir § 3.2.4.4) et implémentés dans le système d'information technologisé.

- Lorsqu'on s'intéresse plus spécifiquement à la charge de travail de l'acteur, la conscience du contexte peut permettre de lisser cette charge et de supporter les allocations de travail plus adéquates afin d'assurer la ***dynamicité*** et la ***configurabilité*** d'un réseau de processus articulés afin d'accomplir les objectifs de l'entreprise. L'objectif ultime est évidemment de conduire un ensemble de processus d'entreprise co-opérant dans leur état final le plus rapidement et avec la qualité optimale.

Depuis 2008, je co-organise la série de Workshops on Business Process Management and Social Software (BPMS2) associée à la conférence internationale BPM (Business Process Management). Ce travail d'animation prend ses racines dans une volonté de fertilisation entre les problématiques sous-jacentes au thème 2 (développé dans ce chapitre) et au thème 1 (chapitre 2). Je m'intéresse aux apports des applications communautaires (social software), qui sont des versions avancées des CSCW, à la gestion et à l'ingénierie des processus d'entreprise, plus précisément à l'agilité à la fois (i) des processus d'entreprise et (ii) des processus d'ingénierie qui produisent les modèles de processus d'entreprise.

SOFTWARE PROCESSES ARE BUSINESS PROCESSES TOO.

Les publications issues de la collaboration scientifique avec les auteurs de l'atelier BPMS2 ont été citées à la section 3.4.2.3 de ce chapitre. Deux articles ont été coproduits avec les auteurs des deux premières éditions de l'atelier et ont été publiés dans deux numéros spéciaux respectifs du *Software Process: Improvement and Practice Journal* **[N10g]** (cité 22 fois)**,** et *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice* **[N11c]** dédiés aux meilleurs papiers des workshops BPM 2008 et 2009.

Dans [**N11c**], nous avons identifié trois pré requis pour ***un cycle de vie agile de BPM*** : (i) capturer les informations sur l'exécution des processus d'entreprise pour réagir et éventuellement pour anticiper ; (ii) capturer les besoins de changement exprimés par des parties prenantes multiples qui ont des points de vue et parfois des représentations différentes sur les processus d'entreprise et (iii) encourager la coproduction des modèles (dans les processus d'ingénierie).

Comme nous allons le développer au chapitre suivant, le processus de modélisation de la connaissance d'entreprise est par définition *coopératif et participatif*. Il promeut la coproduction des modèles d'entreprise par l'application d'un mécanisme de *raisonnement basé sur les préceptes du design rationale* [McLean et al., 1989], [McLean et al., 1991], [Kuwana et al., 1993], [Henninger, 1991] (c.f. § 2.4.2.3). Or, le raisonnement par les buts (i) est une clé pour comprendre si les activités métiers sont en concordance avec la stratégie de l'entreprise [**N98e**], [**N05a**], [**N05b**]; et (ii) supporte plus naturellement la coproduction des représentations et la justification des solutions alternatives **[N98e], [N99a]**, **[N00b]**.

Les autres productions scientifiques de type éditorial liées à cette activité d'animation (BPMS2) seront listées à la section 1.1.6 du second document, sous l'intitulé '*ouverture thème 2*'.

Chapitre 4.

Des processus métier à la modélisation d'entreprise

4. Des processus métier à la modélisation d'entreprise

Pour disposer d'une vision globale du système d'information et pour adopter une vraie perspective de "*Pourquoi et pour Quels Effets*" lors des activités d'ingénierie de système d'information, les processus d'entreprise offrent une dimension nécessaire mais non suffisante. Une entreprise, en tant que système vivant et complexe, a d'autres dimensions que son système d'information et ses processus.

Il est aussi à noter le processus de modélisation de la connaissance d'entreprise est par définition *coopératif et participatif*. Il promeut la coproduction des modèles d'entreprise par l'application d'un mécanisme de *raisonnement orienté décision* **[N98e]**, **[N99a]**, **[N00b]**. Le guidage méthodologique proposé peut être spécifique au domaine métier (basé sur un référentiel de bonnes pratiques par exemple) ou indépendant du domaine métier (basé sur un référentiel de patrons de design en situation de coproduction, *c.f. Figure 17 dans* **[N00b]**).

Ma vision de l'entreprise est structurée en trois dimensions [**N99d**], [**N03a**], [N03b], [**N04b**]. Les *objectifs* de l'entreprise sont accomplis en mettant en œuvre des *processus d'entreprise* qui sont eux-mêmes supportés par des *systèmes d'information*. Les *modèles intentionnels* de la première dimension décrivent les objectifs (buts) présents et futurs de l'entreprise. Les processus d'entreprise peuvent être représentés selon différentes perspectives en portant un intérêt plus particulier sur les acteurs qui interviennent et leurs interrelations, sur les activités réalisées et leur ordre d'exécution ou sur les objets de métier manipulés. Les *modèles d'entreprise* résultant de ces descriptions (*modèles acteur/rôle*, *modèles rôle/activité* et *modèles d'objets*) nécessitent l'utilisation de formalismes différents. Dans la troisième dimension, les *modèles de systèmes d'information* décrivent la structure et le fonctionnement du système d'information en place ou en devenir.

Je propose ainsi de *modéliser les dimensions et les perspectives multiples* des entreprises avec comme finalité de construire des systèmes d'information aptes à évoluer en phase avec les finalités qu'ils supportent. Le système d'information doit être 'en ligne', en cohérence, avec le métier qu'il contribue à rendre plus performant. La question de l'alignement du système d'information aux modèles métiers de l'entreprise qu'il sert doit se situer au cœur de l'ingénierie des systèmes d'information.

Les résultats acquis depuis le milieu des années 90 au CRI ont été précurseurs dans les domaines de modélisation et d'architecture d'entreprise et de modélisation du changement organisationnel. La méthode EKD-CMM offre :

(i) un cadre de modélisation des connaissances d'entreprise comportant un ensemble de modèles organisés en trois dimensions (objectifs, processus et système d'information) et explicitant les relations entre les concepts du métier de l'entreprise et ceux du système d'information; cette capacité de représentation *multi-dimensions* est renforcée par une *modélisation multi-perspectives* (intentionnelle, organisationnelle, fonctionnelle, opérationnelle, informationnelle, …) des processus d'entreprise qui vise à faciliter la validation des modèles selon *différents points de vue d'acteurs* et la vérification de la ***cohérence*** inter-modèles ;

(ii) un modèle de processus d'ingénierie qui supporte la définition des scenarii de ***changement*** organisationnel.

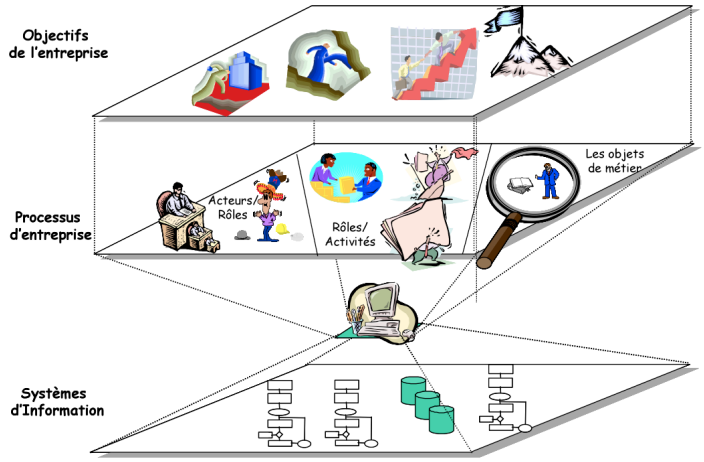

Figure 1 - *Représentation d'une entreprise, de ses multiples dimensions et perspectives*

L'entreprise étant en mouvement perpétuel, son évolution fait partie de ses multiples dimensions. Nous avons donc besoin de représenter, a minima, un état futur et le chemin de transformation à construire pour avancer vers cette cible.

Ce travail de recherche a été initié et réalisé dans le cadre d'un projet européen ESPRIT (ELEKTRA) et a été concrétisé par la thèse de doctorat de Judith Barrios [Barrios, 2001]. La méthode EKD-CMM a été utilisée dans de nombreux projets industriels à l'échelle internationale. *De nombreuses publications attestent ces résultats* [N99b], [N99c], **[N99**d], [**N02b**], [N02c], [N02d], [**N03a**].

Le maintien de la cohérence inter-modèles (inter-dimensions et inter-perspectives) doit se faire dans un contexte d'évolution touchant l'entreprise dans l'une ou plusieurs de ses dimensions, on parle alors de *co-évolution*. Le challenge est de répondre aux exigences d'évolution fréquente que subissent les entreprises modernes pour réagir et s'adapter, voire anticiper, afin de mieux répondre à la complexité croissante de leur environnement. La littérature tend vers le constat que le ***changement*** ne peut être mis en œuvre sans être conduit de manière incrémentale et structurée.

Dans ce contexte changeant, ***la capitalisation et le partage de la connaissance*** relative à l'entreprise sont essentiels. Une compréhension juste de la situation actuelle est indispensable avant de démarrer tout processus d'ingénierie d'entreprise et des systèmes d'information. De ce fait, la capitalisation et la documentation des modèles d'entreprise nous semblent être des piliers de la réussite des projets d'ingénierie et d'évolution des systèmes d'information [**N10e**].

Dans le projet ELEKTRA[26] [**N98f**], [N98g], [N98j], nous avons proposé l'utilisation du concept de *patron* comme un schéma d'entreprise réutilisable dans différentes filiales, groupes ou entreprises

[26] Programme 7.1 ESPRIT (Technologies for Business Processes) ELEKTRA (ELectrical Enterprise Knowledge for TRansforming Applications)

d'un même secteur. Il s'agissait dans notre cas de définir des patterns décrivant les connaissances liées au domaine de l'industrie de l'électricité (multiples dimensions et perspectives) ; ainsi que les patterns décrivant des alternatives de changement dans ce secteur qui était en train de subir la déréglementation (fin des monopoles dans les pays européens à l'horizon 2000). La méthode EKD-CMM a été largement publiée et diffusée dans la communauté de la *modélisation d'entreprise*. Cette méthode a fait l'objet d'une expérimentation industrielle dans deux entreprises de distribution d'électricité, PPC en Grèce et Vattenfall en Suède.

Quelques années plus tard, j'ai défini un méta-modèle pour la représentation de l'entreprise sur ses trois dimensions (stratégie, organisation du métier, système d'information) en vue de faire évoluer mes recherches vers l'ingénierie et l'architecture d'entreprise [N04a], **[N05b]**. Dans la même période, la méthode EKD-CMM a été étendue pour traiter aussi de la dimension système d'information [N03b] et **[N04b]**.

Depuis 2005, mes travaux sur l'alignement se sont articulés autour de la recherche d'une démarche plus globale d'alignement de la stratégie d'une entreprise à son système d'information (composé de nombreux systèmes informatiques développés au fil de l'eau dans une vision verticale qui n'est pas la plus appropriée pour réfléchir en terme de stratégie d'entreprise et encore moins d'alignement) dans le cadre de ce que l'on qualifie depuis architecture d'entreprise [Gmati, 2006/ER]. Nous avons ainsi complété les aides méthodologiques fournies par EKD-CMM qui permettaient de définir les scénarii alternatifs de changement dans la dimension des "objectifs de l'entreprise". L'évaluation des scénarii de changement dans EKD-CMM conduit à une situation To-Be dont la spécification est faite sous forme intentionnelle. Il reste alors à décider des évolutions sur les processus d'entreprise et sur les systèmes d'information en envisageant de manière argumentée les alternatives organisationnels et technologiques possibles. La méthode DEEVA (DEsign and EVolution of Alignment), proposée par Islem Gmati dans sa thèse de doctorat, offre un guidage méthodologique pour :

(i) représenter l'alignement entre les dimensions métier et système d'information ;

(ii) faire co-évoluer cet alignement dans le temps [Gmati, 2011/ER].

L'évolution de la relation d'alignement requiert l'identification des exigences d'évolution qui peuvent être (i) des exigences de correction de l'alignement dans le sens où des dysfonctionnements dans la situation actuelle de l'entreprise sont identifiés ou (ii) de nouvelles exigences métier qui ont émergé en vue de transformer l'entreprise et de créer davantage de valeur. Pour mettre en œuvre ces exigences d'évolution, la littérature offre de nombreuses options technologiques (restructuration de données, migration des interfaces utilisateurs, utilisation de middleware, ré-achitecture, encapsulation, …). La méthode DEEVA exploite ces options comme des stratégies potentielles et offre un guidage pour assister les décideurs dans le choix du scénario d'évolution du système d'information le plus approprié à la situation.

Ces travaux sur l'alignement métier/SI et la méthode DEEVA ont fait l'objet de la thèse de doctorat d'Islem Gmati [Gmati, 2011], [N10e], [N10m], **[N08e]**, [N07d], [N07h], *et ont aussi produit une co-publication avec J. Barrios* [N10f].

En 2009, j'ai co-fondé, avec Rainer Schmidt de l'Université d'Aalen, la série de Workshops on Service oriented Enterprise Architecture for Enterprise Engineering (SoEA4EE), associée à la conférence internationale EDOC, et que co-organise tous les ans. Ce travail prend ses racines dans une volonté de fertilisation entre les problématiques sous-jacentes au thème 2 et au thème 3, telle que j'avais commencé à l'exploiter dans [N04a] et **[N05b]** (voir § 4.4.3). Ce travail d'animation de recherche a aussi pour ambition d'internationaliser les travaux autour de la thématique d'ingénierie d'entreprise et des systèmes d'information initiés dans le GT "Enterprise Communicante et Interopérabilité" et conduits ensuite dans le groupe de travail "Modélisation et interopérabilité des entreprises et des systèmes d'information" au sein du thème "Ingénierie par et pour les modèles dans les systèmes d'information" du GDR I3 du CNRS. Les productions scientifiques de type éditorial liées à cette activité d'animation sont listées dans la section 1.1.6 du second document, sous l'intitulé '*ouverture thème 3*'.

4.1. Constats et motivations : nécessité de considérer l'entreprise comme un système

4.1.1. Multiplicité des représentations et exigence de cohérence

En moins de vingt ans, les technologies de l'information, de la communication et de la connaissance se sont positionnées comme une ressource stratégique support de la transformation et levier du changement organisationnel. La planification des évolutions de l'entreprise et de son système d'information nécessite avant toute autre chose d'avoir une stratégie d'entreprise identifiée sans laquelle il serait vain de parler *d'alignement stratégique*. Cette dernière est une démarche visant à faire coïncider la stratégie système d'information (ses aptitudes et ses services offerts) sur la ou les stratégies métiers de l'entreprise. Elle a pour finalité de renforcer la valeur d'usage du système d'information et de faire de celui-ci un atout pour l'entreprise. Comme souligné dans [CIGREF, 2002], l'alignement de la stratégie de l'entreprise et de la stratégie du système d'information repose sur deux conditions préalables : (i) la compréhension et intégration de la stratégie de l'entreprise dans le système d'information ; (ii) la prise en compte des contraintes et des opportunités de l'informatique dans la stratégie de l'entreprise. Ce type de construction de système prend dans la littérature l'intitulé de *co-design*. Une telle construction de système est supposée assurer l'alignement métier/SI par construction.

Les technologies de l'information et de la communication se présentant comme l'un des éléments de base des entreprises modernes, la contribution du système d'information à la réalisation des processus d'entreprise et par conséquent à l'accomplissement des objectifs de l'entreprise est primordiale. Un changement dans l'une de ces trois dimensions de l'entreprise causera des changements avec différents types d'impact sur les deux autres [Grover et al, 1998], [Davenport et al., 1998], [Guengerich, 1992]. En d'autres termes, on peut difficilement envisager un changement des modes d'organisation qui n'ait de répercussion sur le système d'information de cette entreprise ou une refonte du système d'information qui ne remette en cause l'organisation (voire le propos) de l'entreprise.

Les modèles d'entreprise permettent de représenter l'état actuel de l'entreprise afin de comprendre, disposer d'une vision globale, mesurer les performances, et identifier les dysfonctionnements. Ils permettent aussi de décrire par anticipation un état futur souhaité afin de définir une cible vers laquelle avancer par la mise en œuvre des projets. Il est nécessaire de représenter un état futur et le chemin de transformation à construire pour avancer vers cette cible. Cependant se projeter vers une cible unique et croire de surcroît qu'il puisse exister un seul chemin pour y parvenir témoignerait d'une méconnaissance du monde socio-économique. Une entreprise est un système complexe, de même que son environnement ; or, un système complexe a de multiples états et de comportements. Une évolution ne peut être prescrite dans la mesure où elle sera tributaire des stimuli de l'environnement. Nous devons donc proposer des formalismes qui permettront de spécifier des scenarii à la fois pour des cibles à atteindre et pour des chemins d'évolution/transformation à parcourir.

D'après une étude réalisée par Forrester Group en septembre 2009, sur un échantillon de 416 professionnels des technologies de l'information familiarisées avec l'architecture d'entreprise, les raisons pour lesquelles les entreprises adoptent une démarche d'architecture d'enterprise sont [Forrester, 2009] une meilleure planification stratégique (59%), une consolidation technologique (47%), faciliter/améliorer l'alignement métier/SI (43%), améliorer l'agilité de l'entreprise (43%), consolider les applications (36%), améliorer les processus d'enterprise (27%), améliorer la gestion de l'information (22%), réduire les risques de projets qui doivent délivrer des applications (19%). La même étude, sur la question "quel est l'état courant de votre architecture d'entreprise" conduit aux chiffres suivants (le premier chiffre pour 'pas ou très peu traité', le second pour 'partiellement, largement ou presque complètement traité'): infrastructure (15% - 85%) ; sécurité (25% - 75%) ; applicative (22% - 78%) ; intégration (31% - 69%) ; information (43% - 57%) ; métier (62% - 38%). Ces chiffres, comme les travaux de C. Longépé, soulignent le

fait que les applications pratiques de l'architecture d'entreprise sont plus tournées vers les applications informatiques que vers la cartographie des processus d'entreprise, voire la stratégie.

Une autre étude réalisée par IFEAD (Institute for Enterprise Architecture Development) [IFEAD, 2005] souligne la dispersion des frameworks utilisés avec une augmentation du recours aux standards et une diminution des solutions 'maison' au fil des années.

La difficulté majeure à ce jour est d'assurer la ***cohérence*** des représentations qui appartiennent à différentes dimensions ou perspectives de l'entreprise correspondant aux propos et aux intérêts des différentes parties prenantes. Les différentes strates des frameworks ne sont pas (toutes) reliées entre elles par des relations explicites, avec comme conséquence de souffrir de difficultés pour traiter le problème d'alignement. Pendant les deux décennies, l'alignement entre le métier et le système d'information est devenu la principale préoccupation des directeurs et des praticiens des systèmes d'information [Luftman, 2000]. De nombreux travaux ont souligné les enjeux de l'alignement entre le métier et le système d'information [McLean et al., 1977], [Henderson et al., 1989], [Reich et al., 2003] et ont démontré empiriquement les bénéfices de l'alignement métier/SI par des études de cas [Chan et al., 1997], [Croteau et al., 2001], [De Leede et al., 2002], [Tallon et al., 2002], [Irani, 2002], [Kearns et al., 2003]. L'alignement a été corrélé d'une manière convaincante à la performance métier [Sabherwal et al., 2001]. Les entreprises les plus performantes sont celles qui sont les plus capables d'exploiter et d'aligner les technologies de l'information (TI) sur leur métier [Scott Morton, 1991]. Selon Yetton, si la séparation entre le métier et le SI est substantielle, la performance organisationnelle décroit [Yetton, 1994].

4.1.2. Agilité et apprentissage : atouts majeurs

L'entreprise moderne est immergée dans un environnement qui est de plus en plus compétitif et changeant. Cet environnement est à l'origine de certains facteurs ou forces qui obligent l'entreprise à changer. *Nous considérons le changement organisationnel comme un processus de transformation, de redéfinition, de restructuration ou de développement d'une entreprise*. Il peut être progressif ou radical, partiel ou total et peut être causé par des forces internes ou externes à l'entreprise. Le changement a des effets multiples sur les éléments qui composent l'entreprise et leurs interrelations. Il conduit à des modifications de la structure et des processus ainsi que des informations, des ressources et des services que l'entreprise produit. Les objectifs de l'entreprise peuvent aussi changer et déclencher des transformations plus radicales [Barrios, 2001/ER].

Certaines théories de management ont trouvé leurs origines dans la recherche de mécanismes et de styles de gestion qui améliorent la capacité d'adaptation de l'entreprise à l'environnement, en minimisant les effets négatifs de ce dernier sur l'entreprise [Lalanne, 1998]. Les chercheurs du domaine ont dirigé leurs efforts vers l'analyse, la définition et la maîtrise des ***changements*** en ***capitalisant l'expérience*** des agents du terrain qui conduisent les processus de changement dans les entreprises [Nicolay et. al, 1999]. De la même manière, les centres d'intérêt de la communauté de l'ingénierie des systèmes d'information, et plus particulièrement de l'ingénierie des besoins, ont évolué vers la production de systèmes d'information capables de s'adapter plus facilement aux changements [Jarzabek et al., 1996], [Yu et. al, 1994], [Rolland, 1999], [**N05a**], [**N05b**], [N05d]. Nous avons identifié dans la littérature une grande variété de recommandations pour conduire à terme un processus de changement. L'impact du changement sur les divers éléments de l'entreprise et leurs interrelations doit être étudié avant de décider de la réorganisation des processus, des ressources et des responsabilités. Cette analyse doit aussi fournir les éléments nécessaires pour une prise de décision argumentée concernant la mise en œuvre du changement dans l'entreprise. Cette évolution doit être globalement perçue de manière positive par tous les acteurs de l'entreprise, chacun devant être convaincu qu'il a quelque chose à gagner [Kautto-Koivula, 1998]. La gestion et le partage de la connaissance relative au changement deviennent ainsi essentiels puisque le changement est rarement isolé mais affecte plusieurs domaines d'une entreprise.

4.1.3. Maintenir l'alignement des dimensions du système d'entreprise et guider leur co-évolution

Les différentes dimensions (strates) restent souvent cloisonnées ; par conséquent, la capitalisation, la co-évolution et la réutilisation dans la durée des représentations de l'entreprise ne sont pas favorisées. Les entreprises évoluant dans un environnement en perpétuel changement, le défi n'est plus uniquement d'obtenir l'alignement mais de le préserver dans le temps. On parle de l'évolution de l'alignement (ou de son maintien) [N07d], [**N08e**] ou de co-évolution [Etien et al., 2005b]. Considérer la ***co-évolution*** métier/SI nécessite la compréhension de la relation d'alignement entre les éléments concernés et leur évolution conjointe [Etien, 2006].

Peu d'approches considèrent la relation d'alignement comme un concept en soi [Salinesi et al., 2003] alors qu'il s'agit de l'artéfact qui permet de vérifier la cohérence des nombreuses dimensions/ perspectives/vues à intégrer dans une architecture d'entreprise. Modéliser la relation d'alignement permet de raisonner sur la co-évolution des éléments en raisonnant sur le modèle d'alignement. De nombreux chercheurs se sont intéressés aux mécanismes nécessaires à l'établissement de l'alignement [Coakley et al., 1996], [Camponovo et al., 2004]. Il s'agit de construire un système logiciel aligné avec les processus d'entreprise [Wegmann et al., 2005] ou avec les exigences de l'organisation [Lamsweerde, 2001]. Ces approches ont pour but de construire un alignement "from scratch" entre les différents éléments concernés.

L'évaluation de la relation d'alignement constitue un intérêt commun aux praticiens et au monde académique. En effet, pour les praticiens, les mesures permettent de gérer plus facilement l'alignement et de justifier des choix par des critères quantifiables. Pour le monde académique, des mesures fiables et valides sont importantes pour une étude rigoureuse de l'alignement. Deux types d'évaluation existent. D'une part, les approches qui mesurent l'alignement de manière à justifier sa pertinence, l'impact des technologies de l'information sur la performance des entreprises et sa relation avec les bénéfices financiers de l'entreprise [Bergeron et al., 2004], [Chan et al., 2007], [Croteau et al., 2001], [Sabherwal et al., 2001]. D'autre part, les approches qui aident à comprendre et à mesurer l'alignement de manière à aider l'entreprise à améliorer sa situation actuelle [Bodhuin et al., 2004], [Kardasis et al., 1998]. C'est ce deuxième type d'approche, moins orienté management, qui nous a intéressé jusqu'à maintenant.

[Soffer, 2004] souligne que l'alignement entre deux éléments est souvent rompu quand l'un des éléments évolue. C'est alors dans le but de gérer l'évolution conjointe de ces deux éléments qu'une gestion de l'alignement est entreprise. Les approches qui gèrent cette évolution conjointe supposent, contrairement aux méthodes d'alignement "from scratch", que les différents éléments soient au moins partiellement alignés au départ.

Dans le passé, les problèmes d'intégration et d'interopérabilité n'étaient pas aussi cruciaux qu'ils le sont aujourd'hui. Avec le changement continu et rapide des technologies, les entreprises ne peuvent pas ignorer le besoin de rénover leurs systèmes d'information [Sneed, 2000]. Le processus de rénovation doit nécessairement considérer l'existence des applications existantes (legacy applications) qui ont besoin d'être intégrées avec les nouvelles applications et d'évoluer vers des technologies nouvelles [Berztiss, 2001], [Alter et al., 2000]. De nombreuses stratégies d'évolution des systèmes existent et peuvent être appliquées à différentes parties du système. Le processus de rénovation doit également supporter les décisions pour choisir la stratégie d'évolution la mieux adaptée au problème posé à l'entreprise et aux systèmes logiciels en place [Bennett et al., 1999].

Le challenge de la co-évolution métier/SI est encore plus important quand on considère le grand nombre de systèmes "hérités" (legacy systems) qui sont "*de larges systèmes logiciels qu'on ne sait pas gérer mais qui sont vitaux pour l'organisation*" [Bennett, 1995]. Plusieurs raisons peuvent expliquer l'intérêt de considérer les systèmes hérités dans la co-évolution métier/SI (ou le maintien de l'alignement métier/SI) :

- Les caractéristiques communes des systèmes hérités, à savoir la taille, l'obsolescence des langages, le manque de documentation, la structure altérée suite aux changements au fil des

années, la rareté de l'expertise, expliquent le coût élevé et les difficultés de maintenance et d'évolution de ces systèmes pour suivre l'évolution des besoins métier.

- Plusieurs stratégies technologiques existent pour faire évoluer les systèmes hérités. Une erreur de choix de la stratégie à adopter peut engendrer des conséquences considérables sur l'organisation des moyens et concourir à l'échec de projets – avec des coûts importants – dans la satisfaction des buts de l'entreprise.
- Le remplacement des anciennes technologies par des technologies nouvelles implique des risques totalement inconnus [Pinto et al., 1996].

La littérature manque d'approches capables d'assister les entreprises dans les prises de décision concernant l'évolution de leurs systèmes hérités. En effet, l'évolution de l'alignement exige de faire évoluer conjointement le métier et le système d'information. Or, le système d'information peut présenter des aspects (obsolescence, complexité, criticité) qui peuvent contraindre cette co-évolution. Une panoplie de choix technologiques et techniques existe dans la littérature pour l'évolution des systèmes informatiques. Plusieurs chercheurs admettent que l'une des difficultés majeures dans les projets d'évolution de systèmes logiciels est de décider rationnellement parmi des options très différentes, allant de la maintenance du système, passant par sa réingénierie, jusqu'à son remplacement [Nelson et. al, 1997], [Bennett et al., 1999], [Ransom et al., 1998] [Brooke et al., 2001], [Aversano et al., 2005]. Malgré l'importance du choix de la stratégie d'évolution du système informatique à adopter pour maintenir son alignement avec le métier, très peu d'approches qui supportent cette prise de décision sont considérées dans la littérature [Bennett et al., 1999], [Brooke et al., 2001].

L'une des critiques adressées aux travaux académiques sur l'alignement par le monde économique est que la littérature scientifique est trop théorique et ne réussit pas à capturer la réalité du terrain [Ciborra, 1997]. Ce point de vue est supporté par trois arguments :

- L'absence de documentation des éléments à aligner est un problème récurrent dans les entreprises surtout lorsqu'il s'agit de systèmes hérités qui existent depuis des dizaines d'années et qui ont subi de nombreuses évolutions sans se soucier de la cohérence globale de l'architecture d'entreprise [Etien et al., 2005b] ;
- L'application des approches d'alignement et d'architecture d'entreprise nécessite la disponibilité d'un ensemble complet de spécifications. Reich et Benbasat étudient l'alignement dans les entreprises en se basant sur les plans métier et informatiques et des rapports personnels [Reich et al., 1996] et soulignent la faible applicabilité de leur approche : deux sur quatre métriques d'alignement ont pu être appliquées. Parmi les raisons, les auteurs citent l'absence des plans métier et informatiques et l'inexactitude des rapports personnels. Baets étudie les mesures d'alignement dans le domaine bancaire [Baets, 1996] et affirme que l'alignement est entravé par un manque de connaissance spécifique du domaine par les managers. Selon ces auteurs [Reich et al., 2000], [Baets, 1992], la stratégie métier est souvent non connue ou peu claire. A son tour, Campbell affirme que la stratégie métier est souvent ambigüe et difficile à comprendre par les managers métier [Campbell, 2005].
- Les approches d'alignement et d'architecture d'entreprise ne fournissent pas d'outils aidant les entreprises à construire ou documenter les éléments à aligner. Ils se basent sur l'hypothèse que les modèles requis pour la mesure ou la construction de l'alignement existent dans les entreprises. Or ce n'est souvent pas le cas [Reich et al., 2000], [N10e].

4.2. Etat de l'art

4.2.1. Modélisation d'entreprise

Pour l'ingénierie d'entreprise et des systèmes d'information, la modélisation de l'entreprise est incontournable. L'étude de la littérature sur les formalismes existants pour la représentation

d'une entreprise montre qu'ils peuvent être classés en deux catégories [Barrios, 2001/ER]. Les formalismes appartenant à la première catégorie permettent de représenter une entreprise comme un ensemble d'éléments reliés qui satisfont, de manière collective, des objectifs communs. Parmi les approches systémiques les plus utilisées pour modéliser les entreprises, citons les méthodologies SSM (Soft Systems Methodology) [Checkland et al., 1990], VSM (Viable System Model) [Espejo et al., 1989], SD (System Dynamics) [Flood et. al, 1991] et TSI (Total Systems Intervention) [Flood et. al, 1991]. Par exemple, *Viable System Model* [Espejo et al., 1989] permet de modéliser une entreprise comme un ensemble de sous-systèmes représentant respectivement les aspects concernant les opérations, la coordination, le contrôle, l'intelligence et la politique de l'entreprise. Le Moigne propose de représenter l'organisation comme et par un système, couplage de trois autres: un système de décision, un système opérant et un système d'information qui assure la communication entre les deux précédents et qui constitue une image des événements qui ont lieu dans les deux précédents et de leurs conséquences [Le Moigne, 1990].

Dans la deuxième catégorie, celles des *modèles d'entreprise*, l'attention est portée sur les différents éléments de l'entreprise tels que les acteurs, les rôles, les ressources, les objets métier, les processus, les objectifs, les règles, etc.. [Bubenko, 1994], [Jarzabek et al., 1996], [Decker et al., 1997], [Hung et al., 1998], [N97h], [N99b], [**N99d**], [Eriksson et al., 2000], [Barrios, 2001/ER], [Zachman, 2003] avec des logiques propres aux éléments que l'on veut représenter. La modélisation d'entreprise doit aussi *permettre de représenter les liens entre les éléments appartenant à des dimensions ou des perspectives différentes, et de mesurer la cohérence de ces liens*. Dans la plupart des approches de modélisation d'entreprise, ces activités d'ingénierie conduisent à la définition de l'*architecture d'entreprise* qui est un socle pour maîtriser le fonctionnement d'une entreprise et son développement futur [Zachman, 2003].

> ***Architecture*** *is the fundamental organization of a system embodied in its components, their relationships to each other, and to the environment, and the principle guiding its design and evolution* [IEEE, 2000].

Enterprise *: any collection of organizations that has a common set of goals and/or a single bottom line* [TOGAF, 2002].

> ***Enterprise architecture*** *: a cohérent whole of principles, méthods, and models that are used in the design and réalisation of an enterprise's organizational structure, business processes, information systems and infrastucture* [Lankhorst, 2009].

La modélisation orientée objets peut aussi contribuer de manière importante à la modélisation d'entreprise. Par exemple, Business Transformation Framework [US Army, 2006] prescrit la construction de l'architecture d'entreprise et la définition de l'architecture de transition en utilisant le profil UML pour DoDAF/MODAF de l'OMG. Rupietta propose le modèle des ressources de l'entreprise pour les applications supports de coopération [Rupietta, 1994]. McBrien *et al.* présentent un langage pour capturer et spécifier les politiques et/ou les règles d'une entreprise [McBrien et. al, 1991]. L'approche *UML Business* [Eriksson et al., 2000], le modèle des objets métier (*Business Objects*) [Hung et al., 1998], et le framework d'architecture d'entreprise [Zachman, 2003] visent la construction des modèles et des architectures d'entreprise.

De nombreux travaux de recherche et de standardisation ont proposé des frameworks offrant une structuration stratifiée de l'entreprise. Ces cadres offrent la capacité d'analyser l'entreprise sur plusieurs dimensions (dont le nombre est varié selon les auteurs). Quelques exemples de ces cadres de travail sont CIMOSA [AMICE, 1989], TOGAF [TOGAF, 1995], ARIS House of Business Engineering [Scheer et al., 2000], Integrated Enterprise Framework [Papazoglou et al., 2000], EKD-CMM [**N99a**], [**N02b**], [**N04b**], ACEM [Etien, 2006], [Etien et al., 2006], le modèle d'urbanisation de Longépé repris par le CIGREF. Pour une étude plus détaillée de l'évolution des frameworks réalisée par l'IFEAD, se reporter à [Schekkerman, 2006].

Le Framework original de Zachman conçu par John Zachman en 1987, sous l'intitulé de 'Framework for Information Systems Architecture' [Zachman, 1987] a évolué au début des années 1990 pour devenir 'Zachman Framework for Enterprise Architecture'. Chaque ligne de la matrice

(Figure 2) représente une vue complète de la solution (architecture d'entreprise) selon la perspective d'un type de partie prenante. Les colonnes mettent le focus sur les questions fondamentales concernant les éléments de l'architecture (what/data, how/function, where/network, who/people, when/time, why/motivation).

	What (Data)	How (Function)	Where (Locations)	Who (People)	When (Time)	Why (Motivation)
Scope {contextual} Planner	List of things important to the business	List of processes that the business performs	List of locations in which the business operatses	List of organizations important to the business	List of events/ cycles important to the business	List of business goals/strategies
Enterprise Model {conceptual} Business Owner	e.g. Semantic Model	e.g. Business Process Model	e.g. Business Logistics System	e.g. Workflow Model	e.g. Master Schedule	e.g. Business Plan
System Model {logical} Designer	e.g. Logical Data Model	e.g. Application Architecture	e.g. Distributed System Architecture	e.g. Human Interface Architecture	e.g. Process Structure	e.g. Business Rule Model
Technology Model {physical} Implementer	e.g. Physical Data Model	e.g. System Design	e.g. Technology Architecture	e.g. Presentation Architecture	e.g. Control Structure	e.g. Rule Design
Detailed Representation {out-of-context} Subcontractor	e.g. Data Definition	e.g. Program	e.g. Network Architecture	e.g. Security Architecture	e.g. Timing Definition	e.g. Rule Definition
Functioning System	e.g. Data	e.g. Function	e.g. Network	e.g. Organization	e.g. Schedule	e.g. Strategy

Figure 2 - *Framework de Zachman pour l'Entreprise d'Architecture*[27]

La méthodologie CIMOSA (Computer Integrated Manufacturing Open System Architecture) a été développée, dans le cadre du programme ESPRIT, par le consortium AMICE (1985-1995) composé de plusieurs grandes compagnies européennes comme Aerospatiale, Alcatel, British Aerospace, Bull, Daimler Benz, Digital, FIAT, HP, IBM [CIMOSA, 1989]. CIMOSA est un framework architectural pour la modélisation des entreprises dont le but est de fournir un cadre conceptuel, une méthode, et des outils de modélisation pour assister l'utilisateur dans le développement du modèle particulier, propre à son entreprise. Le cadre est composé de deux parties : une architecture de référence (générique et réutilisable dans différents projets) et une architecture particulière (propre à l'entreprise). L'objectif de CIMOSA est de fournir un support tout au long du cycle de vie d'un système de production depuis son analyse jusqu'à son implémentation, son utilisation et sa maintenance dans le but de (i) définir précisément les objectifs de l'entreprise et les stratégies manufacturières ; (ii) gérer le système dans un contexte en changement perpétuel ; (iii) configurer et gérer l'exploitation du système manufacturier en cohérence avec les objectifs de l'entreprise. Le cube CIMOSA a trois axes : *Génération* (vues sur les fonctions, informations, ressources et organisations), *Dérivation* (définition des besoins, design, implémentation), *Généricité* (modèles génériques, partiels, particuliers) [Molina et al., 1998].

En 1990, la taskforce constituée par l'IFAC (International Federation of Automatic Control) et l'IFIP (International Federation for Information Processing), pour formuler des recommandations sur l'architecture d'entreprise, a reconnu qu'un cadre 'accepté par tous' serait une contribution majeure. Ce groupe a finalement développé une *nouvelle* approche, GERAM (Generalised Enterprise Reference Architecture and Methodology) [Chen et al., 2008] en s'inspirant de CIMOSA,

[27] http://www.zachman.com/

GRAI-GIM développé par le GRAI à l'université de Bordeaux pour les systèmes de gestion de production [Doumeingts, 1984], et PERA [Williams, 1994].

En 2008, M. Schöenherr [Schöenherr, 2008] a réalisé une analyse de la littérature considérant 126 publications (articles académiques, livres, ressources web) avec pour objectif de tendre vers une terminologie commune dans le domaine de l'architecture d'entreprise. La Table 1 résume les proportions des strates visées dans cet échantillon de publications. M.A. Achachlouei présente un autre recueil des travaux académiques et fait état de 11 thèses de doctorat soutenues de 2004 à 2009 [Achachlouei, 2010].

Couches	Nb de papiers	%
Strategie	16	**10.3%**
Organisation	52	**33.3%**
Information	29	18.6%
Intégration	8	5.1%
Applicative *(Appl.Landscape)*	33	21.2%
Infrastructure	18	11.5%

Table 1 - *Répartition des approches sur les couches dans les publications [Schöenherr, 2008]*

4.2.2. Gestion du changement

Dans la thèse de doctorat de J. Barrios, nous avons dressé un état de l'art conséquent sur la gestion du changement dans les entreprises tel que la littérature en témoignait au tout début des années 2000. Ce travail a continué en tâche de fond jusqu'au milieu des années 2000 comme en témoigne la Table 2, dans la section 4.2.2.2. Afin de pouvoir analyser et comparer les approches étudiées, nous avons adapté le cadre de référence des *quatre mondes* proposé par M. Jarke [Jarke, 1990] pour la gestion du changement. Ce cadre de référence, initialement utilisé pour l'ingénierie des systèmes [Jarke et al., 1992b], a prouvé son efficacité dans l'amélioration de la compréhension de nombreuses disciplines de l'ingénierie, comme l'ingénierie des systèmes d'information [Jarke et al., 1992a], l'ingénierie des besoins [Jarke et al., 1993], l'ingénierie des méthodes [Rolland, 1997] et l'ingénierie des processus [Rolland, 1998], [Si-Said, 1999]. Le cadre de référence est constitué de quatre vues ou mondes complémentaires qui ont été adaptés pour analyser les approches de changement [Barrios, 2001/ER]. Il nous a permis d'identifier les caractéristiques discriminantes des approches de gestion de changement étudiées et de les classer. Nous avons ainsi pu observer que la tendance dans la conduite des processus de changement est à la convergence de nombreuses théories, recommandations et approches des sciences de gestion, des sciences sociales, de la psychologie, des sciences de l'ingénieur et des technologies.

4.2.2.1. Le cadre de référence

La vue *Sujet* contient la connaissance du domaine à propos duquel le système doit fournir des informations. Il s'agit dans notre cas du changement de l'entreprise (vue comme un tout, un système).

La vue *Système* inclut toutes les spécifications ou modèles, à différents niveaux d'abstraction, de ce que fait le système. Ce dernier contient le résultat de la modélisation de la vue Sujet, autrement dit, le(s) modèle(s), spécifiques à une entreprise, qui permet(tent) de représenter le changement et qui satisfont les objectifs d'usage.

La vue *Usage* contient les intentions et les motivations des acteurs du changement qui traitent le problème défini dans la vue Sujet et qui utilisent le Système (les représentations du changement). Dans cette vue, nous analysons les objectifs des individus qui conduisent le changement et leurs besoins spécifiques par rapport aux vues Système et Développement.

La vue *Développement* englobe les processus de développement qui permettent de produire les différents modèles de la vue Système. Ces processus d'ingénierie consistent à analyser, comprendre et représenter la connaissance contenue dans les trois autres vues. Dans le cas

présent, la vue Développement est dédiée à la démarche de construction du (des) modèle(s) qui représente(nt) le changement.

Chaque vue est caractérisée par un ensemble de facettes. Une facette définit une caractéristique particulière d'une approche. La classification par les facettes a été initialement proposée dans [Prieto-Diaz et al., 1987] pour classer les composants réutilisables. Chaque facette est composée d'un ensemble d'attributs qui permettent de préciser, au travers des différentes valeurs qui leur sont affectées, le positionnement d'une approche par rapport aux autres. La Figure 3 montre ce cadre de référence.

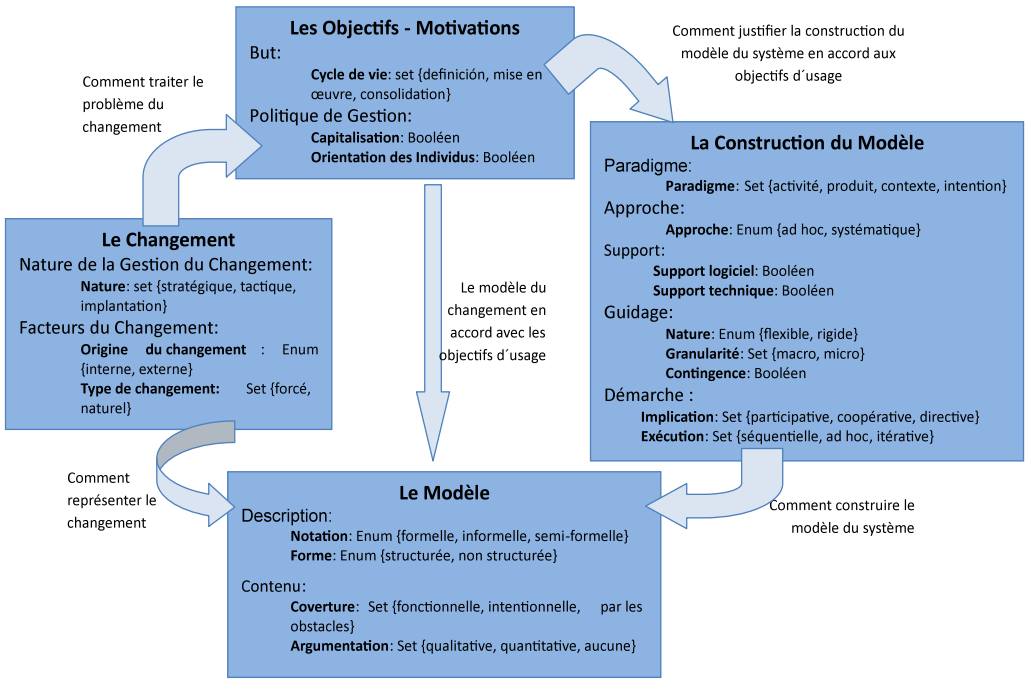

Figure 3 - *Cadre de référence pour le changement*

4.2.2.1.1. La vue Sujet

Cette vue s'intéresse au *changement d'une entreprise*, à sa nature et à ses causes.

♦ **Facette *Nature de la Gestion du Changement.*** Elle décrit la vision selon laquelle le changement est traité. Elle est composée par l'unique attribut *Nature*.

Une *nature stratégique* requiert le point de vue des dirigeants de l'entreprise [Lewis et al., 1998], [Lesoume et al., 1996], [Kirkby, 2005]. Le changement se focalise sur la définition des stratégies qui vont permettre à l'entreprise de rester compétitive. [Argyris et al., 1978], [Kaplan et al., 1996], [Pettigrew et al., 1991], [Nickols, 2003a].

Une *nature tactique* implique la définition de mesures et de contrôles qui contribuent à réduire les effets indésirables du changement. Le processus de changement s'attachera à la définition de mécanismes qui permettent d'évaluer les différentes possibilités pour la mise en œuvre du changement, à la détermination des directives qui visent à faciliter la conduite du changement [McCalman et. al, 1992], [Nadler, 1993], [Nickols, 2003a], [Maurer, 2004].

Une *nature de type 'implantation'* conduit à la mise en œuvre et à la consolidation du changement dans l'entreprise. Le processus de changement se focalise sur les impacts du changement sur l'organisation de l'entreprise et les facteurs qui peuvent influencer sa mise en œuvre comme les ressources, les délais, les facteurs humains [Pearce et al., 1996], [Price, 1995], [Kirkby, 2005], [Leopoldi, 2002], [Nickols, 2003b].

♦ **Facette *Facteurs de Changement.*** Elle décrit tous les éléments dont l'influence place l'entreprise dans le processus de changement.

• **Attribut *Origine du changement.*** Il définit la source des facteurs qui causent le changement. Les facteurs de d'origine *interne* sont induits par le besoin et/ou la propension de l'entreprise pour accroître, évoluer et se développer. Le processus de changement né au sein de l'entreprise est le résultat d'une innovation, par exemple par l'introduction d'une technologie nouvelle dans les modes de gestion, dans les processus d'entreprise, ou dans les services ou les produits. Les facteurs de changement d'origine *externe* correspondent à des contraintes imposées par l'environnement externe. L'affrontement de l'entreprise avec les facteurs d'origine externe peut causer d'importantes modifications dans sa structure organisationnelle, dans ses processus, dans les informations, les biens et/ou les services qu'elle produit.

• **Attribut *Type de changement.*** Il capture la manière dont l'entreprise a initié son processus de changement et distingue deux types : le changement *forcé* qui est imposé et auquel il faut faire face dans un temps limité et le changement *naturel* qui est causé par le processus naturel d'évolution d'une entreprise [Greiner, 1972], [Beatty et al., 1996], [Krüger, 2004]. Un changement *forcé* est généralement causé par des facteurs d'origine externe. Aux problèmes engendrés par l'urgence du changement, viennent souvent s'ajouter des problèmes liés à l'absence de connaissance sur la situation et sur la manière de construire des solutions appropriées. Un changement *naturel* est généralement d'origine interne à l'entreprise et laisse à cette dernière plus de latitude pour mettre en œuvre au préalable un plan d'action.

4.2.2.1.2. La vue Usage

Cette vue s'intéresse aux objectifs visés par le processus de changement et aux intentions des individus qui conduisent ce processus.

♦ **Facette *But*.** Elle permet d'identifier la couverture du cycle de vie du processus de changement. Comme le montre la Figure 4, ce cycle de vie comporte trois intentions de haut niveau qui sont complémentaires et qui doivent être accomplies de manière ordonnée [Lewin, 1958], [Lientz et al., 2005], [Nickols, 2003b], [Koehler et al., 2006]. Ces trois phases garantissent non seulement que l'entreprise pourra continuer à fonctionner pendant et après le processus de changement mais qu'elle pourra retrouver son équilibre à la suite du changement.

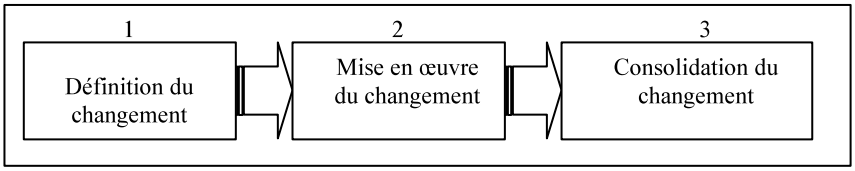

Figure 4 - *Cycle de vie du Processus de Changement*

La *définition du changement* consiste à explorer, analyser et comprendre une situation de changement dans le contexte d'une entreprise, à définir et évaluer les solutions alternatives possibles et à sélectionner la (les) stratégie(s) de mise en œuvre qui minimise(nt) les effets négatifs du changement sur l'entreprise. La *mise en œuvre du changement* consiste à implanter le changement dans l'entreprise en respectant (les) stratégie(s) choisie(s). La transition doit être gérée de manière situationnelle et en tenant compte des obstacles que l'on peut rencontrer tout au long du processus d'implantation. La *consolidation du changement* garantit l'assimilation du changement et son intégration totale dans la vie de l'entreprise. Cette phase contient des éléments de gestion relatifs à la supervision, au contrôle et à l'amélioration de la performance de l'entreprise après le changement.

♦ **Facette *Politique de Gestion.*** Elle représente la politique d'entreprise concernant la gestion du changement. Nous nous intéressons plus particulièrement à la nécessité stratégique de maîtriser le savoir-faire organisationnel pour le réutiliser ultérieurement [Baldin et al., 1998].

• **Attribut *Capitalisation.*** La capitalisation de la connaissance organisationnelle qui accompagne l'entreprise au travers d'un processus *d'apprentissage continu* devient essentielle. L'objectif est de construire des entreprises moins vulnérables face aux changements et d'autres situations de crise, en particulier aux changements forcés. La réutilisation argumentée de la connaissance organisationnelle engrangée permet de réagir plus rapidement et correctement aux exigences évolutives de l'environnement [Aparicio-Valverde et al., 1978]. La capitalisation du savoir-faire organisationnel nécessite d'une part la caractérisation des situations d'action et/ou de décision, et d'autre part, leur identification au moment où elles surviennent. Elle s'enrichit par des règles de dérivation de nouvelles connaissances à partir de celles capitalisées antérieurement [Maurer, 2004], [Koehler et al., 2006]. Le référentiel de connaissances comporte des *modèles* d'entreprise (processus, activités, acteurs, politiques, documents, règles, etc.), des solutions pour des problèmes de changement déjà rencontrés, la trace de l'influence de la culture d'entreprise et des comportements des acteurs sur les décisions stratégiques, etc.

• **Attribut *Orientation des individus*.** Les efforts accomplis pendant le processus de changement sont souvent menacés par les membres de l'entreprise eux mêmes dont l'opposition peut perturber la mise en oeuvre ou la consolidation du changement. Les stratégies de gestion associées à la prévision et à la maîtrise des réactions humaines, qui peuvent affecter négativement un projet de changement, augmentent considérablement la probabilité de réussir un projet de changement [Trishet al., 2003], [Holman et al., 2006]. Par exemple, le fait d'engager un membre de l'entreprise comme un agent de changement lui permet de mieux comprendre le processus de transition et ses avantages, lui donne la possibilité d'être un 'acteur' du changement.

4.2.2.1.3. La vue Système

La vue Système s'intéresse à la représentation du changement, autrement dit aux *modèles* qui permettent de représenter la vue du *Sujet* selon les motivations de la vue *Usage*. Un *modèle* formalise un fragment de la connaissance organisationnelle de manière à faciliter son partage et sa communication à travers l'entreprise. Les deux facettes *Description* et C*ontenu*, permettent de définir les caractéristiques fondamentales des *modèles de changement*.

♦ **Facette *Description.*** Elle capture la manière dont le changement est représenté.

• **Attribut *Notation.*** Il aide à classer les approches selon leur(s) formalismes de représentation. La notation *formelle* se base sur une syntaxe bien définie qui permet d'une part de vérifier les propriétés que les *modèles* doivent remplir et, d'autre part, de valider ces *modèles* en utilisant des techniques comme l'instanciation, la simulation ou l'exécution. La notation *semi-formelle* est basée sur une syntaxe partiellement définie mais qui ne permet pas de vérifier toutes les propriétés des *modèles*. C'est le cas par exemple des diagrammes d'objets ou d'autres langages graphiques standard comme BPMN ou UML. La notation *informelle* permet de définir les *modèles* en utilisant le langage naturel (description textuelle) ou une notation graphique non standardisée.

• **Attribut *Forme.*** Il permet de qualifier le degré de structuration des concepts utilisés pour représenter le changement. La valeur *Structurée* signifie que les concepts respectent une notation particulière (pas nécessairement formelle) définie au préalable.

♦ **Facette *Contenu.*** Elle permet de capturer la capacité des formalismes utilisés à représenter, au travers des concepts manipulés, la connaissance relative au changement.

• **Attribut *Couverture.*** Il spécifie le paradigme privilégié pour les représentations. Une représentation *fonctionnelle* exprime le changement au travers des fonctions affectées, leurs relations de décomposition, de dépendance et de coopération. Une représentation *intentionnelle* exprime le changement du point de vue des objectifs de l'entreprise sans entrer dans les détails de la mise en œuvre des processus d'entreprise. Une représentation par les *obstacles* permet de spécifier les barrières culturelles, technologiques, de communication et de gestion avec lesquelles on doit composer pendant le processus de changement.

• **Attribut *Argumentation.*** Il décrit la capacité d'un formalisme à soutenir l'argumentation et la justification des alternatives pendant la construction des *modèles*. L'argumentation peut se faire de manière qualitative ou quantitative. La première s'effectue en affectant des valeurs qualitatives (i.e. moyen, haut, bas, critique) aux critères d'évaluation (coût, valeur ajoutée, équilibre entre l'intérêt organisationnel et l'intérêt individuel des membres). La seconde nécessite la définition de propriétés mesurables (coût de mise en œuvre, nombre de nouveaux postes nécessitant de nouvelles compétences) avec des valeurs quantifiées. L'argumentation se fait sur les *modèles* de changement spécifiques à l'entreprise et a pour but de justifier le choix d'une solution de changement par rapport à une autre.

4.2.2.1.4. La vue Développement

Dans cette vue on s'intéresse à la démarche méthodologique associée à l'approche étudiée. Il s'agit d'une description générique des *processus d'ingénierie* des modèles de changement. Nous nous intéressons plus particulièrement aux caractéristiques suivantes de ces processus d'ingénierie.

♦ **Facette *Paradigme de Modélisation.*** C'est le *paradigme* qui sert de base à la construction des modèles de changement. Les formalismes utilisés pour la description des processus d'ingénierie peuvent être classés en quatre catégories[28] : orientés *activité*, *produit*, *intention* et *contexte* [Dowson, 1987], [Rolland, 1998], [**N99a**]. Cette classification est effectuée selon le concept principal qui supporte le processus d'ingénierie; il s'agit respectivement (i) des activités à exécuter pendant le processus, (ii) du produit manipulé, (iii) des intentions qui sont à l'origine des décisions de modélisation prises et (iv) du contexte de modélisation.

♦ **Facette *Approche*.** Les formalismes de représentation peuvent être classés selon leur capacité à définir des processus d'ingénierie *ad hoc* ou *systématique*. Un modèle de processus d'ingénierie *ad hoc* prescrit des directives dont l'exécution est fortement dépendant du savoir-faire des experts. L'agent sera libre d'appliquer les directives de la manière qui lui semble la plus appropriée. Un modèle de processus d'ingénierie *systématique* assure une représentation des directives méthodologiques de manière indépendante de la connaissance des experts.

♦ **Facette *Support.*** Elle concerne l'utilisation des outils et techniques spécialisées pour supporter les processus d'ingénierie. L'attribut *Support logiciel* précise si les processus d'ingénierie sont outillés ou pas. L'attribut *Support technique* précise si ces processus bénéficient des techniques spécialisées; par exemple, la technique de *brainstorming* peut être utilisée lors d´une session de travail pour définir collectivement la vision du futur d´une entreprise.

♦ **Facette *Guidage.*** La construction des *modèles* de changement de l'entreprise est un processus non séquentiel, parfois répétitif, avec des activités optionnelles et complémentaires. Un processus aussi complexe gagnerait en efficacité s'il pouvait être guidé. Le guidage doit tenir compte, entre autre, du niveau de maturité de l'entreprise, des délais alloués au projet et des ressources dont on dispose pour conduire le processus de changement, du niveau de participation des membres de l'entreprise au processus de changement et de leur influence dans les prises de décision.

• **Attribut *Nature.*** Il permet de classer les modèles de processus d'ingénierie selon la flexibilité du guidage offert. Un guidage *flexible* consiste à ne pas prescrire entièrement le processus de construction, mais à donner la possibilité de naviguer dynamiquement en fonction des caractéristiques et exigences du contexte. Un guidage *rigide* consiste à prescrire entièrement et statiquement les processus de développement des *modèles* de changement.

• **Attribut *Granularité.*** Il permet de caractériser le guidage offert par un modèle de processus d'ingénierie selon le niveau de détail des activités supportées. Un guidage *macro* indique que les directives fournies sont décrites de manière très générale. Elles sont, par exemple, limitées à la définition des étapes principales du processus d'ingénierie. Un guidage *micro* exprime les détails du processus d'ingénierie d'une manière plus précise en décrivant, par exemple, toutes les activités, les ressources manipulées et les situations dans lesquelles ces activités s'appliquent.

---

[28] *Software processes are business processes too* (section 3.2.1.1)

• **Attribut *Contingence.*** Il permet de caractériser les modèles de processus d'ingénierie qui peuvent être adaptés aux différentes situations de modélisation. Dans ce cas, le guidage permet de sélectionner la démarche qui convient le mieux à la situation actuelle, selon des critères contextuels qui sont évalués au moment de la modélisation du changement.

♦ **Facette *Démarche*.** Elle caractérise l'implication des membres de l'entreprise au développement des *modèles* de changement et la manière d'exécuter la démarche d'ingénierie.

• **Attribut *Implication.*** Une démarche *participative* implique la participation active des acteurs au processus de construction des *modèles* de changement [Bashein et al., 1994], [Dawson, 1994], [Nadler, 1993]. Cette participation active est bien souvent une condition nécessaire pour convaincre les parties prenantes du bien-fondé du changement, de son importance dans la croissance et l'apprentissage organisationnel. Une démarche participative permet de prendre en compte les points de vue des membres durant le processus de développement, les encourageant ainsi à considérer le changement comme une partie importante de l'évolution de l'entreprise [Baldin et al., 1998]. Une démarche *coopérative* fait participer une grande majorité des acteurs de l'entreprise au processus de développement en les organisant en équipes interdisciplinaires. Elle encourage à trouver un consensus sur les *modèles* de changement que l'on construit. La participation est moins volontariste que dans le cas précédent et peut devenir anonyme grâce à l'utilisation de logiciels d'aide aux réunions de groupe (Group Decision Support Systems). Une démarche *directive* est dirigée par les dirigeants de l'entreprise et/ou par le(s) responsable(s) du projet de changement. Dans ce cas, la grande majorité des acteurs de l'entreprise ne participe pas au processus de développement de ces *modèles* de changement. Toute la responsabilité de la construction des *modèles* appartient aux agents de changement que sont alors par les managers et les dirigeants de l'entreprise.

• **Attribut *Exécution.*** Il permet de capturer la manière dont la démarche de développement est exécutée. Une démarche *séquentielle* décrit une exécution purement séquentielle des activités associées au développement des *modèles* de changement. Une démarche *itérative* implique l'exécution répétitive des activités associées au développement des *modèles*.

4.2.2.2. Evaluation des approches de gestion de changement étudiées

Nous remarquerons que la facette *Politique de gestion* de la vue Usage et la facette *Démarche* de la vue Développement ont pour objectif de mesurer la capacité des approches à favoriser *l'apprentissage organisationnel*. En outre, *toute la vue Système* et les facettes *Approche* et *Guidage* de la vue Développement se focalisent sur l'importance de la ***capitalisation*** *des représentations* construites et sur la réutilisation des directives méthodologiques dans la durée, supportant aussi (au sens de la dynamique des systèmes) toutes les deux *l'apprentissage organisationnel*.

Nous avons étudié vingt-deux approches de gestion du changement listées à la Table 2. Nous avons ainsi pu observer que les stratégies de mise en œuvre du changement, la résistance au changement, l'amélioration des performances ont été identifiées comme des enjeux dès le début des années 90. A partir de 1995, les obstacles et la culture d'entreprise, le *consensus organisationnel* (implication des membres de l'entreprise comme des acteurs devant agir), la vision du futur, les considérations de coût et de qualité deviennent partie intégrante des méthodes de changement. Depuis le début des années 2000, *l'apprentissage organisationnel*, la *contingence du processus de changement* (situation et histoire de l'entreprise), la prise en compte du facteur humain, la définition du processus de changement (appelé plan d'action ou de changement), l'alignement du processus de changement avec la stratégie de l'entreprise, la gouvernance et le besoin d'anticipation sont aussi devenus des facteurs clés de réussite (ou réciproquement de risque) pour une meilleure maîtrise des processus de changement.

Nous avons observé que la plupart des approches étudiées expriment la nécessité d'établir une vision du changement, et de maîtriser ses impacts néfastes sur l'entreprise (minimiser les effets néfastes, contrôler les divers éléments qui peuvent empêcher ou affecter le processus de changement, …) et gèrent le changement en se basant sur le modèle de trois pas de Lewin.

Quelques approches complètent ou modifient ces trois pas, selon le type et la taille de l'entreprise, en ajoutant des notions relatives à l'environnement, à la culture d'entreprise, à la gestion des ressources humaines et au style de management. D'autres intègrent la capitalisation d'expérience rendant ainsi possible sa réutilisation dans d'autres processus de changement [Lesoume et al., 1996], [Aparicio-Valverde et al., 1997] , [Morrison et al., 1998]. Cependant, aucune ne propose de formalismes permettant de représenter de documenter ou d'engranger la trace du processus de changement, l'impact sur l'entreprise et les solutions alternatives, ni ne fournit un guidage systématique. Les directives générales offertes ne suffisent pas à guider les prises de décisions pendant la conduite du changement.

N°	**Intitulé et Référence de l'approche**
1	Expansion / Réduction de la structure et du support organisationnels (*Downsizing/ Rightsizing / Upsizing*) [Tomasko, 1990]
2	Modèle de la stratégie d'intervention (ISM) [McCalman et. al, 1992]
3	Modèle des pas d'action [Nadler, 1993]
4	Réingénierie des processus d'entreprise (BPR) [Hammer et al., 1993]
5	Approche procédurale [Dawson, 1994]
6	Meilleures pratiques pour transformer une organisation [Price, 1995]
7	Modèle des Points d'Influence Culturelle (ALP) [Pearce et al., 1996]
8	Approche de Kotter [Kotter, 1997]
9	Modèle de trois pas de Lewin étendu [Gilgeous, 1997]
10	Gestion de la Qualité Totale (TQM) [Lewis et al., 1998]
11	Juste à Temps (JIT) [Lewis et al., 1998]
12	**EKD-CMM** - Méthode pour la définition de l'impact organisationnel du changement [**N99d**], [**N04b**]
13	BSC *Balanced Scorecard* [Kaplan et al., 2001]
14	Meilleures pratiques de RL Consulting [Leopoldi, 2002]
15	Approche de Nickols pour la gestion du changement [Nickols, 2003a], [Nickols, 2003b]
16	Approche d'ENB Consulting [James, 2003]
17	Planification pour le changement [Kirkby, 2005]
18	Six Sigma [De Feo et al., 2005]
19	Approche de Lientz et Rea [Lientz et al., 2005]
20	Cadre de référence pour la gestion du changement du Shared Service Initiative - SSIGMF *Shared Service Initiative Change Management Framework* [Queensland, 2005]
21	Cadre de travail pour la transformation de l'entreprise - BTSF *Business Transformation Framework* [US Army, 2006]
22	Gestion du changement organisationnel - OCM [Koehler et al., 2006]

Table 2 - *Approches de Gestion de Changement étudiées*

Concernant la vue *Usage,* la capitalisation de la connaissance relative à la conduite du changement est décrite sous forme de directives élémentaires. Elle n'est formalisée de manière à être réutilisable que dans la méthode EKD-CMM. Certaines approches (quatre sur 21) mentionnent la réutilisation des connaissances obtenues par des expériences antérieures sans proposer un formalisme pour représenter et réutiliser de telles connaissances. Parmi les aspects peu ou pas abordés par les approches étudiées nous citerons principalement :

- Le manque de formalisation des connaissances ainsi que l´absence de capitalisation font que le processus de changement reste un processus ad hoc.
- La plupart des approches visent principalement le contrôle de l'implantation du changement. Peu d'effort est dédié à la définition et à l'analyse du changement, de sa nature, de ses impacts potentiels et des alternatives pour le conduire.
- La majorité des approches ne décrivent pas la manière de construire les modèles de changement (i.e. carence en modèles de processus d'ingénierie) ni les artefacts pour les représenter ; autrement dit, les vues Système et Développement sont totalement atrophiées.

Concernant la vue *Système*, nous considérons que dans le processus de définition du changement et de son impact sur l'entreprise, les *modèles d'entreprise* sont des artéfacts fort utiles pour

comprendre la situation, pour supporter les prises de décision pendant les processus de changement et pour définir des solutions alternatives. Or, aucune des approches étudiées ne supportait une construction sociotechnique des représentations du changement, sur la durée de cette étude (de 1997 à 2007) Seul, le Modèle des points d'influence culturelle (7) est basé sur la définition de métaphores qui représentent la culture d'entreprise; des directives sont proposées pour aider l'identification des métaphores représentatives de la culture d'entreprise.

Nous avons alors décidé d'explorer les notations utilisées dans les *approches systémiques* et les approches de *modélisation d'entreprise* pour renforcer la vue *Système* qui était atrophié pour l'ensemble des méthodes étudiées (en fin des années 90). Les différentes techniques et formalismes que nous avons identifiés permettent de représenter l'état actuel de l'entreprise, son état futur envisagé, la manière dont elle fonctionne, les facteurs de l'environnement qui l'influencent, les capacités organisationnelles, la disponibilité des ressources, etc. Ces approches contribuent à mieux comprendre l'état courant de l'entreprise facilitant ainsi la communication de la vision qu'ont les dirigeants sur l'impact qu'un changement peut causer dans l'entreprise, ses processus, ses produits et services, et ses systèmes logiciels : Soft Systems Methodology [Checkland et al., 1990], System Dynamics [Forrester et. al, 1978], Viable System Model [Espejo et al., 1989], Total System Intervention [Flood et. al, 1991], Business Objects [Hung et al., 1998], Modèle de référence d'entreprise [Decker et al., 1997], Support pour BPR [Jarzabek et al., 1996], UML pour la modélisation d'entreprise [Eriksson et al., 2000] , Enterprise Architecture framework [Zachman, 2003], Unified Profile for DoDAF and MODAF (UPDM) [OMG, 2007].

Les approches étudiées prennent en compte la nécessité d'établir une vision du futur, de comprendre la situation actuelle de l'entreprise, mais aucune, à l'exception de EKD-CMM (12) et BTSF (21), ne décrit la manière de le faire ni les moyens de représenter une telle connaissance. EKD-CMM est la seule à proposer l'utilisation de formalismes pour représenter le changement, la vision du changement, l'impact sur l'entreprise et les scenarii alternatifs. BTSF propose l'utilisation d'UML pour représenter quelques éléments liés au changement ; notamment ceux qui concernent le système d'information et l'architecture applicative, mais n'offre pas de directives pour guider la construction de ces représentations. Quelques approches proposent encore des notations et des langages semi-formels pour représenter certains critères et facteurs organisationnels liés au changement.

Pour la vue *Développement*, toutes ces approches (sauf EKD-CMM) sont essentiellement orientées 'activité'. *Les démarches offertes sont séquentielles et ne nous semblent pas adaptées aux* ***processus de modélisation et de conduite du changement qui sont essentiellement des processus de décision et des processus créatifs.*** *Les processus décisionnels* ***requièrent une formalisation permettant d'exhiber l'argumentation autour des décisions,*** *de retracer les processus à partir des points de conflit éventuels* ***et de capitaliser toute cette connaissance à des fins de réutilisation*** *dans d'autres processus de changement.*

Toutefois, l'approche procédurale (5) et EKD-CMM (12) se démarquent. La première définit un ensemble de pas à suivre dont l'exécution est contextuelle. Elle prend la forme d'un cadre de référence qui permet de définir les caractéristiques d'une situation de changement sans prescrire à l'avance les acteurs impliqués et leurs actions. Quant à la formalisation contextuelle et orientée décision de la méthode EKD-CMM, elle permet d'offrir un guidage spécifique pour les processus de changement qui sera présenté à la section 4.4.2.

De nombreuses approches encouragent l'intervention des membres de l'entreprise au processus de changement (attribut *Implication* de la facette *Démarche*). Concernant le *Guidage*, plusieurs approches sont caractérisées par une prescription d'étapes de nature rigide et offrent des directives d'une granularité macroscopique. EKD-CMM et BTSF (21) sont caractérisées par deux niveaux de granularité de guidage : *macro* et *micro*. BSTF permet de décomposer et décrire les activités de niveau macro en d´autres activités de niveaux plus détaillés. La méthode EKD-CMM nous semble être indubitablement la plus contextuelle et la plus flexible grâce à son processus de guidage spécifique et à ses directives méthodologiques. Ces dernières permettent de sélectionner, de

manière dynamique et contextuelle, les activités de modélisation les plus appropriées. Les approches (6) et (14) proposent aussi un guidage que l'on peut qualifier de contingent bien qu'il s'effectue au niveau macro. Ces approches établissent des heuristiques qui décrivent l'expérience acquise par les équipes de changement lors des projets antérieurs.

4.2.3. Capitalisation, documentation et partage de la connaissance

La plus grande partie des travaux de recherche sur les patrons a été inspirée par le travail de C. Alexander sur l'utilisation des patrons dans le domaine de l'architecture. Dans son livre, "The Timeless Way of Building" [Alexander, 1979], Alexander présente les arguments majeurs justifiant la recherche de patrons et leur utilisation pour améliorer la qualité de la conception. Il définit un patron comme "*a problem which occurs over an over again in our environment and then describes the core of the solution to that problem, in such a way that you can use this solution a million times over, without ever doing the same twice*" [Alexander et al., 1977]. Dans cette définition, l'accent est mis sur le fait qu'un patron est un couple "problème-solution".

Un intérêt croissant pour les patrons (patterns) s'est développé au sein de la communauté du génie logiciel, notamment pour les considérations de réutilisation [Coad, 1992], [Buschmann et al., 1996], [Beck, 1997]. Il existe des travaux relatifs à la conception des systèmes [Coplien, 1995a], [Gamma et al. 1995], [Vlissides et al., 1996], [Eriksson et al., 2000] à la modélisation des données [Hay, 1996] et à l'analyse des systèmes [Fowler, 1997]. Malgré cette évolution vers les phases les plus en amont du cycle de développement des systèmes informatiques, à la fin des années 90, il n'existait pas de travaux sur des patrons portant sur la définition, l'organisation et la mise en place de schémas organisationnels dans les entreprises. L'idée de développer et de réutiliser des patrons pour résoudre des problèmes métier est relativement nouvelle. Les patrons dédiés à l'analyse, comme ceux proposés par Fowler [Fowler, 1997] intègrent à la fois les aspects relatifs aux pratiques de d'entreprise et ceux relatifs aux logiciels. Selon Coplien, et toujours dans le registre de l'ingénierie d'entreprise et de la gestion du changement, "*patterns should help us not only to understand existing organisations but also to helps us build new ones*" [Coplien, 1995a], [Coplien, 1995b].

Les patrons, dans le contexte de l'organisation des entreprises, peuvent être utilisés pour décrire tout ce qui peut être répété : les relations organisationnelles formelles et contractuelles, les relations informelles, les responsabilités, les pratiques de travail… Par exemple, dans les entreprises du secteur de la distribution de l'électricité, il existe un processus pour la collecte de données relatives à la consommation d'électricité des abonnés. Il est possible de représenter cette connaissance dans un patron décrivant un processus d'entreprise nommé "Relever le compteur électrique" [Semmak, 1998], [Ramadour et al., 2002].

4.2.4. Alignement métier/SI et co-évolution

4.2.4.1. Nature des éléments à aligner

Les travaux réalisés par Henderson et Venkatraman [Henderson et al., 1993] constituent une référence pour la majorité des travaux académiques sur l'alignement. Ces chercheurs proposent le modèle d'alignement stratégique (SAM) présenté à la figure 5. Les flèches bidirectionnelles représentent les relations d'alignement.

Le modèle d'alignement stratégique (SAM) s'intéresse à l'intégration des technologies de l'information dans la stratégie d'entreprise en recommandant l'alignement entre quatre domaines : la stratégie d'entreprise, la stratégie des technologies de l'information, l'infrastructure et les processus d'entreprise et l'infrastructure et les processus informatiques (IT). La stratégie d'entreprise et la stratégie des technologies de l'information sont considérées comme des domaines externes faisant référence à la position d'une entreprise par rapport son environnement (les concurrents, les opportunités et dangers, les potentiels et contraintes sur l'offre de produits et de services, les partenaires, l'intégration dans un marché). L'infrastructure et processus d'entreprise et l'infrastructure et processus informatiques sont considérés comme des

domaines internes qui concernent la structure de l'entreprise, ses départements, ses processus. Un deuxième découpage orthogonal est fait entre le domaine 'métier' et le domaine 'technologies de l'information'. Le domaine 'technologies de l'information' s'intéresse aux compétences, à l'architecture, aux processus informatiques d'une entreprise. Le domaine 'métier' s'intéresse aux mêmes aspects mais dans la perspective des composants métiers et des missions de l'entreprise. L'alignement inter domaines est défini selon deux axes :

- L'alignement stratégique entre le domaines *interne* et *externe* ;
- L'intégration fonctionnelle entre les domaines *métier* et *technologies de l'information*.

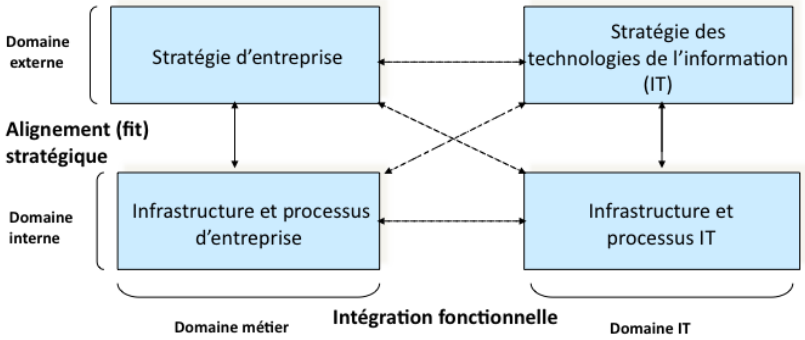

Figure 5 - *Modèle de l'alignement stratégique* (SAM) *[Henderson et al., 1993]*

Le modèle SAM [Henderson et al., 1992] propose quatre approches différentes pour établir un alignement à la croisée de deux critères orthogonaux : (i) la stratégie métier ou la stratégie des technologies de l'information considérée comme force directrice (driver) ; (ii) l'articulation avec le pivot est au profit de la vision/innovation (lorsque le pivot est du domaine externe) ou de la formulation/implémentation (lorsque le pivot est du domaine interne). Il est devenu un outil de gestion dont l'enjeu est de faire du système d'information un atout au service de la stratégie de l'entreprise.

Le modèle SAM a inspiré de nombreux travaux [Luftman, 1996], [Maes, 1999], [Goedvolk et al., 2000]. Certains auteurs, comme [Barclay et al., 1997], perçoivent l'alignement uniquement d'un point de vue stratégique. De nombreux auteurs perçoivent cependant un intérêt à définir l'alignement entre les stratégies et d'autres éléments. Par exemple, [Bleistein et al., 2005] s'intéresse à l'alignement entre la stratégie d'entreprise et les composants du système d'information. Regev *et al*. [Regev et al., 2004] définissent l'alignement interne comme un alignement entre les composantes internes de l'entreprise, par exemple entre les processus d'entreprise et le système qui les supporte ; l'alignement externe correspondant à l'alignement entre l'entreprise et son environnement externe. [Mitleton et al, 2000] et [Camponovo et al., 2004] considèrent l'alignement entre le système d'information et son environnement. L'alignement entre le système d'information et les processus d'entreprise est ainsi le sujet de nombreux travaux [Arsanjani et al, 2001], [Bodhuin et al., 2004], [Soffer, 2004], [Kardasis et al., 1998], [Giaglis, 1999], [Wegmann et al., 2005], [Etien et al., 2005a], [Aerts et al, 2004] et [Wieringa et al., 2003] ; ces travaux s'intéressent à l'alignement entre l'architecture logicielle et l'architecture des processus d'entreprise. D'autres auteurs [Lamsweerde, 2003], [Landtsheer et al., 2003], [Krishna et al., 2004] et plus généralement la communauté de l'ingénierie des exigences s'intéressent à l'alignement entre les exigences exprimées vis-à-vis du système d'information et l'architecture de ce dernier. [Rosemann et al., 2004] et [Zoukar, 2005] évaluent l'alignement entre les exigences de l'organisation et les fonctions offertes par les progiciels de gestion intégrée.

4.2.4.2. Ingénierie de l'alignement

Pour la modélisation de l'alignement, trois types d'approches sont proposés dans la littérature :

- Les *approches de décomposition* utilisent des diagrammes de buts connectés par des liens *et/ou*. KAOS [Dardenne et al., 1993] permet de décomposer et d'affiner les buts de haut niveau en des

buts plus fins. Seuls les buts opérationnels (le plus bas niveau) sont liés aux modèles d'agents, aux actions et aux données. Les Balanced Scorecards [Kaplan et al., 1996] utilisent ce même principe pour la décomposition d'objectifs. Dans l'urbanisation des systèmes d'information, les objectifs stratégiques sont documentés et organisés en utilisant les diagrammes "arêtes de poissons" d'Ishikawa. Ce formalisme permet de décomposer les buts/objectifs en des sous buts jusqu'à atteindre un niveau de description de nature opératoire.

- Les *approches de dépendance* ; les modèles de dépendance tels que i* s'intéressent au contexte organisationnel qui conduisent aux exigences vis à vis du système. Ces techniques de modélisation sont utilisées pour aider le raisonnement dans les phases amont de l'ingénierie des exigences [Yu, 1997], [Yu, 1999]. [Bleistein, 2006] et [Yu et al., 2006] utilisent i* pour lier les buts stratégiques aux buts dits 'opérationnels'. Dans l'urbanisation des systèmes d'information [Longépé, 2006], les matrices permettent de modéliser l'alignement entre par exemple les processus métier et les objectifs stratégiques.
- Les approches qui utilisent un *modèle intermédiaire* ou pivot ; ce dernier joue un rôle spécial pour assurer l'intégration des éléments à aligner. Les modèles de buts permettent d'intégrer le point de vue de chacun des éléments à aligner [Etien, 2006], [Thevenet, 2009].

Pour l'évaluation de l'alignement, la littérature propose des approches qualitatives et quantitatives.

- Les approches *qualitatives* reposent sur l'interprétation, le jugement et la connaissance des acteurs de l'entreprise. Ce sont des appréciations subjectives qui permettent de conclure à l'alignement ou au non alignement. Le degré de subjectivité peut varier selon la méthode [Luftman, 2000].
- Les approches *quantitatives* proposent des critères et des mesures quantitatives. Il s'agit par exemple d'énumérer le nombre d'activités prises en charge par le système logiciel [Bodhuin et al., 2004]. Ce type de mesure se base souvent sur un méta-modèle et utilise les liens entre les éléments pour définir des mesures. Par exemple, Vasconcelos *et al* proposent des métriques pour l'architecture des systèmes d'information telles que le nombre moyen d'opérations dans les blocs du système d'information ou le manque moyen de cohésion dans ces blocs [Vasconcelos et al. 2007]. De la même manière, des métriques sont proposées pour évaluer l'urbanisation du système d'information [Simonin, 2009]. Etien *et al.* définissent des mesures génériques pour l'alignement des processus métier et du système d'information, indépendantes du type de modèles utilisés pour représenter les processus et le système d'information [Etien et al., 2005a]. Thevenet propose des métriques pour mesurer l'alignement entre les éléments stratégiques et les éléments opérationnels. Les métriques sont rattachées au niveau stratégique et sont calculables par l'analyse des éléments du niveau opérationnel (regroupant les processus d'entreprise et le système logiciel) [Thevenet, 2009].

Pour le maintien de l'alignement dans la durée, il existe trois types d'approches :

- Les *approches à base de scénarii* proposent de définir non pas un futur unique, mais plusieurs futurs possibles sous la forme de scénarii. Ces méthodes font l'hypothèse que le futur ne peut être prévu de façon suffisamment précise pour choisir une direction stratégique tranchée. Elles sont bien adaptées aux environnements complexes et incertains [**N99d**]. Les scénarii sont des descriptions de situations futures possibles ou probables. Leur identification suit un processus systématique, interactif et imaginatif. Le processus se termine avec l'élaboration d'un petit nombre de scénarii présentant des alternatives plausibles plutôt qu'une extrapolation du présent [Camponovo et al., 2004], [Godet, 2000]. Par exemple, TOGAF [TOGAF, 1995] préconise d'utiliser les scénarii pour représenter ce qui peut se passer lorsque des événements prévus ou non prévus ont lieu.
- Les *approches de correction* [Bodhuin et al., 2004], [Luftman, 2000], s'appuient sur les résultats de l'évaluation de l'alignement pour définir les évolutions à mettre en œuvre sur l'un des éléments afin d'augmenter la valeur d'une ou plusieurs mesures. L'évolution se fait ainsi, pas à pas, en évaluant l'alignement après chaque changement.

- Les *approches reposant sur un lien de dépendance entre les éléments* à aligner. L'évolution d'un élément peut entrainer une rupture de la relation d'alignement ; l'impact sur les autres éléments doit alors être analysé. Quatre liens sont identifiés dans la littérature [Lämmel, 2004], [Etien et al., 2005a]: dépendance [Bodhuin et al., 2004], double dépendance, interdépendance et indépendance. Chacun est défini selon la direction du lien de dépendance entre les éléments qui évoluent. L'approche d'interdépendance s'appuie sur l'existence d'un modèle commun. L'évolution du modèle commun (ou pivot) peut reposer sur des méthodes traditionnelles [Han, 1997], sur l'existence et le respect d'invariants [Banerjee et al., 1987] ou sur le fait que les deux éléments sont représentés ensemble dans le même modèle. Il est nécessaire de répercuter les évolutions du pivot sur les deux éléments à aligner.

4.2.4.3. Méthodes d'évolution des systèmes existants

Les modifications peuvent aller d'une simplification du système logiciel (réduction de la taille et de la complexité) vers une maintenance préventive (retro-documentation, restructuration) ou même vers des processus extraordinaires de maintenance adaptative (modification des interfaces, encapsulation, migration) [Canfora et al, 1997], [Pigoski, 1997], [De Lucia et al., 2001].

L'option alternative à la modification du système existant est celle de son remplacement par un COTS quand la valeur métier et la qualité technique du premier sont jugées basses [De Lucia et al., 2001]. Certains travaux comparent les scénarii As-Is en présence du système existant et les scénarii To-Be obtenus par projection des scénarii As-Is, dans lesquels le COTS est supposé être utilisé [Feblowitz et al., 1998]. La comparaison permet d'anticiper les impacts d'acquisition du COTS sur différentes composantes de l'entreprise (acteurs, ressources, flux d'information et règles métier).

La relation entre l'organisation des processus et le système logiciel est essentiellement considérée lors du développement de nouveaux systèmes. Peu d'approches considèrent les exigences métier dans l'évolution des systèmes existants [Aversano et al., 2005].

Une panoplie d'options tactiques pour l'évolution des systèmes existe (COTS, ERP, spécifique, encapsulation, modularisation, re-documentation,…). Prendre une décision à propos de l'évolution d'un système exige une justification basée sur différents facteurs techniques et métier [De Lucia et al., 2001]. De nombreux travaux révèlent que dans le domaine de l'ingénierie des logiciels, l'accent est trop souvent mis sur l'aspect technique [Bennett et al., 1999], [Bennett et al., 2000], [Brooke, 2000], [Aversano et al., 2005]. Les décisions sur l'évolution des systèmes existants ne doivent pas être considérées uniquement d'un point de vue technique, mais doivent englober la structure organisationnelle, la stratégie, et les processus d'entreprise [Bennett et al., 1999], [Brooke et al., 2001]. Ceci conduit même à repenser la définition de la maintenabilité [Ramage et al., 1998] .

4.3. Objectifs : cohérence, changement, capitalisation

Aujourd'hui, les approches d'architecture d'entreprise et celles d'alignement métier/SI proposent toutes une phase qui consiste à construire une compréhension suffisante sur l'entreprise telle qu'elle "est" au démarrage du projet (As-Is). De la même manière que pour diagnostiquer une maladie et soigner un patient, il est nécessaire de disposer de ses antécédents, de ses spécificités (porte un pacemaker, a un seul rein, ou est allergique à la pénicilline), pour démarrer un projet d'ingénierie et/ou d'évolution de système d'information, il est essentiel de disposer de la connaissance sur le fonctionnement actuel et les raisons d'être de l'entreprise. Si cette connaissance est sous une forme tacite et individuelle [Nonaka et al., 1995], son recueil et sa mise en forme sous une forme explicite et socialisée (partagée et acceptée) sont extrêmement coûteux à l'échelle d'un projet. Cette capitalisation doit donc prendre la forme d'un projet transversal, voire d'une mission, de l'entreprise afin de servir l'ensemble des projets de système d'information futurs –plus exactement l'ensemble des projets tout court- et d'améliorer la qualité des "input" de ces projets à venir [**N10e**], [N10f]. Cependant pour pouvoir être effectivement et efficacement réutilisable, cette connaissance doit être formalisée sous la forme la plus habituelle et la plus facilement appréhendable par les individus concernés. Pour naviguer sur l'océan, pour nous

déplacer d'un pays à l'autre par la route, pour trouver notre chemin dans le métro, ou pour apprendre la géographie ou la structure administrative d'un pays, nous utilisons des représentations schématiques de ces "mondes" avec les formalismes appropriés. Les cartes géographique ou administrative d'un pays ou celle de sa production agricole n'utilisent pas les mêmes symboles (artéfacts). Les *modèles d'entreprise* offrent une forme efficace à la représentation (explicitation) de la connaissance d'entreprise qui gagne aussi en pouvoir de compréhension, de mémorisation et de partage dans la durée de part la visualisation offerte, même si elle perd en efficacité d'application de part son abstraction de la réalité. Dans nos recherches, nous nous intéressons à la représentation de la connaissance *explicite* (explicitable ou explicitée) de l'entreprise.

La connaissance organisationnelle étant un construit social, les chercheurs en management des connaissances semblent arriver à un accord indiquant qu'elle est "formée" par les interactions entre les éléments technologiques et sociaux de l'entreprise. Pour que le transfert de la connaissance explicite soit un succès, elle doit être augmentée (mise en valeur) par le composant tacite, et pour que le transfert de la connaissance tacite soit un succès, elle doit être complétée par un support explicite [Fink et. al, 2007], [Nonaka et. al, 2009].

Nous nous intéressons aux multiples dimensions et perspectives de représentation des entreprises, de manière transversale et dirigée par les objectifs et les processus d'entreprise (voire inter-entreprise), avec comme finalité de construire des systèmes d'information aptes à évoluer en phase avec les stratégies des entreprises qu'ils supportent. Le maintien de la ***cohérence*** inter-modèles (alignement inter-dimensions et inter-perspectives) doit se faire dans un contexte d'évolution touchant l'entreprise dans l'une ou plusieurs de ses dimensions, on parle alors de *co-évolution*. La littérature tend vers le constat que le ***changement*** ne peut être mis en œuvre sans être conduit de manière incrémentale et structurée.

Nous nous intéressons aussi à la compréhension et l'ingénierie de la relation *d'alignement* entre des éléments de modèles d'entreprise appartenant à des dimensions différentes de l'entreprise, dans un contexte de ***co-évolution*** ; plus particulièrement entre la dimension stratégique et les dimensions "organisation des processus métier" et "système d'information". Notamment, nous souhaitons évaluer l'impact des buts de changement sur les dimensions processus d'entreprise et système d'information et assurer la continuité entre les choix stratégiques et les choix de nature plus tactique et opérationnelle. Les entreprises prennent leurs décisions relatives au choix de la technologie à adopter, pour faire évoluer leur système, d'une manière souvent peu motivée. Or, une erreur de choix peut engendrer des conséquences considérables sur l'entreprise et concourir à l'échec de projets – avec des coûts importants – et à l'insatisfaction des buts de l'entreprise. Les décisions concernant le système hérité ne doivent pas être perçues uniquement sous un angle technique mais doivent aussi impliquer les considérations métier. Des approches qui combinent ces deux aspects sont peu nombreuses dans la littérature.

L'étude présentée dans la section 4.2.2 a clairement montré la nécessité de méthodes participatives et orientées vers la ***capitalisation*** *des connaissances* et la construction d'une *mémoire organisationnelle*. Pour traiter de ce problème nous avons exploité le concept de patron afin de (i) permettre la capitalisation de la connaissance sous-jacente à la prise en compte du changement dans les entreprises du secteur d'électricité et (ii) disséminer les expériences acquises dans des situations similaires. Dans cette perspective, les patrons sont des propositions de schémas organisationnels qui peuvent être (ré)utilisés dans différentes entreprises. Dans la littérature, le processus de réutilisation est décomposé en deux activités [Bellinzona et al., 1993], [De Antonellis et al., 1995] ; la première traite du processus de construction des composants réutilisables ('design for') ; la seconde concerne l'utilisation de ces composants ('design by'). Dans notre travail, nous nous sommes restreintes au développement des patrons. Un patron est décrit comme une solution éprouvée à un problème. Le contexte de notre travail étant l'entreprise, les patrons que nous utiliserons pour la capitalisation des connaissances sont des modèles d'entreprise. Ces modèles proposent des solutions à des problèmes spécifiques aux entreprises, problèmes reconnus comme importants et récurrents dans de nombreux cas différents. En

développant des patrons, les experts rendent disponibles à d'autres des parties de leurs connaissances relatives à leur domaine d'expertise. En d'autres termes, un patron est un véhicule dans la transmission de pratiques spécifiques à un domaine, qui ont été jugées pertinentes et efficaces et qui doivent/peuvent être disséminées.

4.4. Résultats

4.4.1. EKD-CMM un cadre d'architecture pour la modélisation d'entreprise

La méthode EKD-CMM, notamment sa composante CMM (Change Management Method), a été développée dans le cadre d'un projet ESPRIT programme 7.1, ELEKTRA, entre 1996 et 1999, avec pour objectif d'adapter la méthode EKD à la gestion du changement. Deux compagnies utilisatrices, Public Power Corporation (PPC) en Grèce and Vattenfall AB en Suède, un intégrateur (Singular); une société de conseil (KPA) et trois équipes universitaires développeurs de la méthode EKD-CMM (UMIST, KTH, CRI) ont participé au projet.

Le rôle du CRI était essentiellement de définir un modèle et une démarche systématique et guidé (i) pour le processus de développement de la connaissance d'entreprise d'une part et (ii) pour le processus de changement de l'entreprise d'autre part. Ces travaux ont été consolidés dans la thèse de doctorat de Judith Barrios [Barrios, 2001/ER].

La méthode EKD-CMM considère que l'utilisation de *modèles* constitue un moyen puissant pour abstraire et représenter les concepts du monde réel. Un *modèle* permet de comprendre, d'analyser et d'évaluer une situation réelle, mais il est aussi un moyen de comprendre, d'analyser et d'évaluer une situation hypothétique. Les formalismes de représentation proposés concernent les deux premiers niveaux de la Figure 1 (correspondant aux deux dimensions "*objectifs de l'entreprise*" et "*organisation du métier de l'entreprise*", c.f. § 1.4). Ils s'inspirent des Modèles d'Entreprise [Bubenko, 1994], [Bubenko et al., 1994], [Bubenko et al., 1997]. Comme le montre la Figure 6, les interrelations entre les différentes méta-modèles expriment que : (i) un *but* est mis en œuvre par des *processus d'entreprise*. (ii) Un processus d'entreprise est réalisé par plusieurs rôles. (iii) La réalisation de ces processus d'entreprise requiert de l'utilisation des ressources et produits organisationnels qui sont représentés par des *objets* d'entreprise.

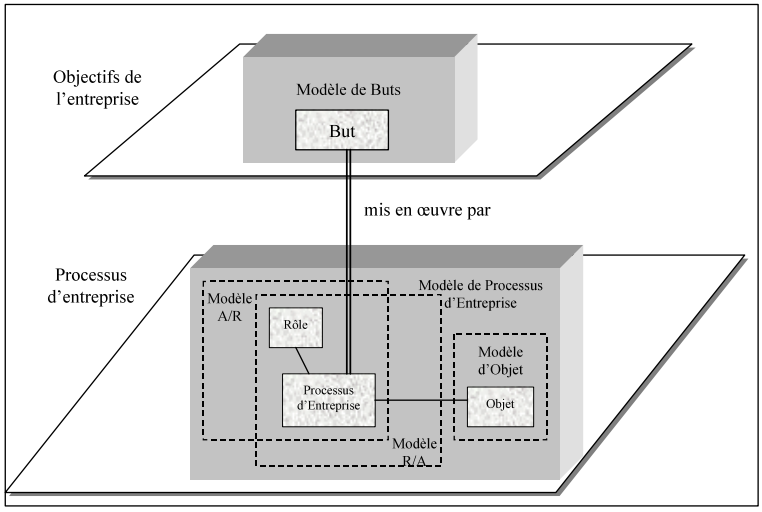

Figure 6 - *Les différents méta-modèles d'entreprise et leurs interrelations*

La suite de cette section présente le méta-modèle de buts et le méta-modèle de processus d'entreprise ainsi que ses trois composants : méta-modèle Rôle/Activité, méta-modèle Acteur/Rôle et méta-modèle Objets. La représentation graphique des concepts de base et de leurs interrelations est faite par des diagrammes de classes [Muller, 1997]. Nous représentons par des

traits pointillés les concepts qui n'appartiennent pas au méta-modèle étudié mais qui sont en étroite relation avec certains concepts de ce dernier.

4.4.1.1. Méta-modèle de buts

Les *modèles intentionnels* (*modèles intentionnels du présent*, *du futur* et *de scénarii d'impact*) sont exprimés comme des hiérarchies de buts. Un *but* est un objectif que l'entreprise veut atteindre. Il peut représenter une intention d'un individu ou de toute l'organisation d'individus. Il est exprimé en langage naturel par un *verbe* suivi d'un ensemble de *paramètres* [Prat, 1997].

Estimer $_{\text{verbe}}$ (les besoins de charge)$_{\text{paramètre}}$ (de manière efficiente)$_{\text{paramètre}}$

La classification des buts est une activité importante pour améliorer la compréhension des objectifs de l'entreprise. Il existe dans la littérature de nombreuses propositions pour la classification des buts [Anton et al., 1994], [Yu et. al, 1994]. Comme le montre la Figure 7, nous classons les buts en deux clusters. Un but est défini comme un but *organisationnel* ou d'*impact* de changement et comme un but *non opérationnalisable* ou *opérationnalisable*.

♦ *Réduction de buts* : Le premier cluster permet de distinguer les buts *opérationnalisables* qui sont directement associés aux processus d'entreprise (ces derniers pouvant être représentés par instanciation des méta-modèles du niveau 2 des Figures 1 et 6), des buts *non opérationnalisables* qui sont plus généraux et abstraits. Nous utilisons trois types de *réduction* comme le montre la Figure 7: la réduction *et*, la réduction *ou* (exclusif) et la réduction *et/ou.* Cette dernière représente une réduction du but parent en sous-buts alternatifs non exclusifs [Dardenne et al., 1993], [Anton et al., 1994]. La réduction de buts permet d'organiser, de manière rationnelle, les buts dans une hiérarchie, et de représenter ainsi une entreprise, à différents niveaux d'abstraction. La réduction permet aussi d'identifier les buts opérationnalisables qui doivent être satisfaits par la mise en œuvre des processus d'entreprise concrétisant les liens entre les deux premiers niveaux des Figures 1 et 6. La hiérarchie de buts résultante de cette réduction rend compte de la relation entre les objectifs et les processus d'entreprise sans pour autant entrer dans les détails de ces derniers. Les feuilles de la hiérarchie sont des buts opérationnalisables qui seront mis en œuvre par des processus d'entreprise.

♦ *Typologie de buts* : Le deuxième cluster de la Figure 7 distingue les buts *organisationnels* et les buts d'*impact organisationnel du changement*. Nous avons précédemment défini un *but organisationnel* comme un objectif que l'entreprise veut satisfaire dans un état 'stable' quelconque de son cycle de vie. Dans la gestion du changement, deux états stables significatifs sont identifiés : état courant et état futur. Les hiérarchies de buts décrivant les états correspondants comporteront des buts organisationnels *courants* et des buts organisationnels *futurs,* respectivement. Les buts des *modèles intentionnels du présent* et *du futur* utilisent des verbes du domaine métier de l'entreprise. Ils traduisent ce que l'entreprise veut satisfaire (connecter, déconnecter, réparer, estimer, etc.) dans un état "stable" quelconque de son cycle de vie. Les objets métier sont les cibles (électricité, réseau, compteur, etc.) des verbes du domaine ; par exemple, "Estimer les besoins d'électricité de manière efficiente", "Soigner un patient" ou "Enseigner une matière à des étudiants".

Les buts du *modèle de scénarii d'impact* décrivent les alternatifs de changement de l'entreprise. Un but d'*impact* décrit une transformation à réaliser dans l'entreprise pour mettre en œuvre le changement. Nous avons défini cinq types d'impact de changement : *améliorer, étendre, introduire, maintenir, arrêter.*

L'impact de type *améliorer* sur un but organisationnel courant est identifié pour signaler que l'on continuera d'accomplir ce but dans l'état futur mais qu'il est nécessaire de faire mieux que dans le présent. Un impact du type *étendre* signifie que, dans la réduction du but organisationnel courant, de nouveaux sous-buts composants seront ajoutés afin de satisfaire les nouvelles exigences. Le type *introduire* indique que le but est totalement nouveau. L'impact de type *maintenir* implique que le but organisationnel courant est aussi un but organisationnel futur et qu'il ne subira aucune modification. Le type *arrêter* indique que ce but organisationnel courant n'a plus aucune raison d'être selon la vision envisagée pour le futur.

Des exemples de modèles intentionnels du présent, du futur et du changement peuvent être trouvés dans le papier joint [**N02b**] au chapitre 5 (*post-it rose*) du second document (Figures 8, 11, 13).

Rappelons que les deux premières dimensions de modélisation de l'entreprise, *objectifs* et *processus d'entreprise* (Figure 1), sont liées par la relation "mis en œuvre par" entre les buts opérationnalisables et les processus d'entreprise. C'est ainsi que la conservation, l'amélioration, l'extension ou l'introduction de buts organisationnels entraîne directement la conservation, l'amélioration, l'extension ou l'introduction des processus d'entreprise qui leur sont associés au niveau des feuilles de la hiérarchie.

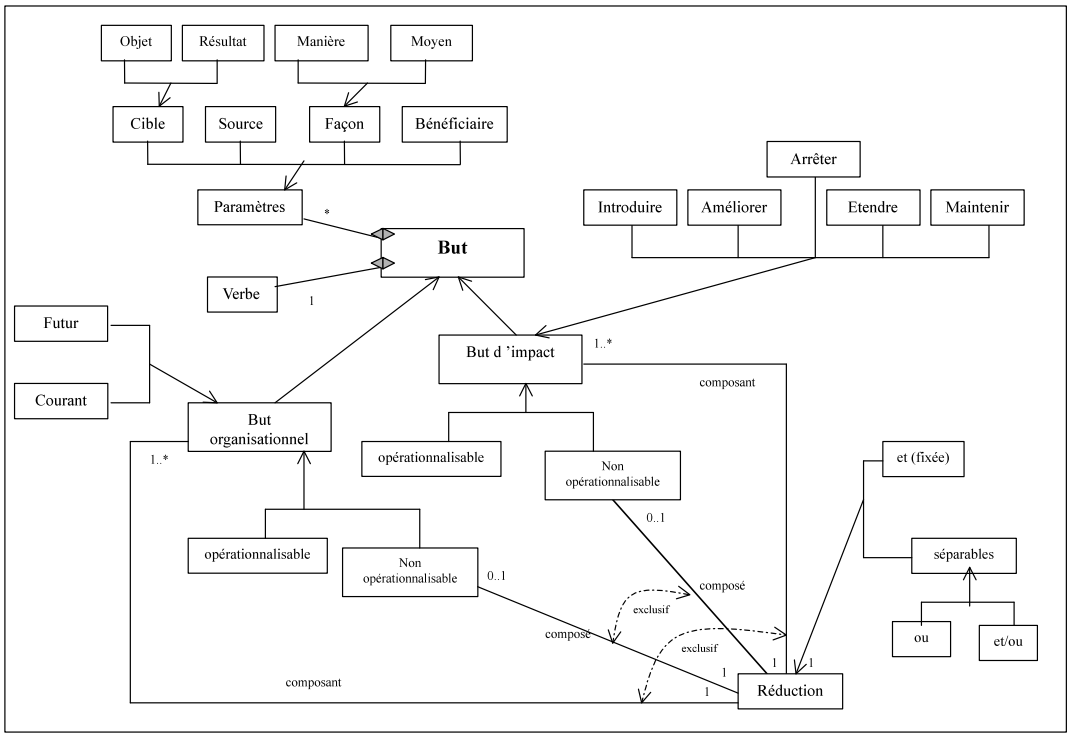

Figure 7 - *Méta-modèle de buts*

4.4.1.2. Méta-modèle de processus d'entreprise

Les *buts organisationnels* sont accomplis par l'exécution des processus d'entreprise en utilisant des ressources. Un *processus d'entreprise* est composé d'un ensemble d'*activités* qui sont exécutées par des individus, des machines et des systèmes pour accomplir un but organisationnel. Un processus d'entreprise peut être modélisé selon différentes perspectives : les acteurs de l'entreprise qui sont impliqués et les responsabilités qu'ils doivent accomplir dans le processus d'entreprise, les activités exécutées et les ressources consommées et/ou produites par les acteurs afin de remplir ces responsabilités, le degré de coopération requis entre les acteurs pour que le processus puisse accomplir l'objectif qui lui est assigné, etc… En tenant compte de ces besoins de représentation variés nous avons développé les formalismes qui permettent de représenter un processus d'entreprise selon ces perspectives complémentaires, les méta-modèles Acteur/Rôle, Rôle/Activité et Objets. Il existe des associations entre les concepts des trois méta-modèles (Figure 8).

♦ ***Le méta-modèle Acteur/Rôle*** permet de représenter les processus d'entreprise du point de vue des acteurs de l'entreprise qui exercent des responsabilités en remplissant des rôles dans les processus d'entreprise. La Figure 9 montre le méta-modèle Acteur/Rôle. Un *rôle* est défini comme un ensemble de responsabilités de nature opérationnelle que nous appelons *buts opérationnels*. Comme exemples de rôles nous citons, "payeur des services rendus", "installateur d'un compteur de consommation d'électricité", "planificateur des relevés de compteur". Un *but opérationnel* représente un objectif qui est sous la responsabilité d'un acteur lorsqu'il remplit un rôle déterminé.

Un *acteur* représente une entité physique type qui peut remplir un rôle dans un processus d'entreprise. Par exemple, une secrétaire, un département, une application spécifique et un client peuvent être représentés comme des acteurs dans un modèle Acteur/Rôle[29]. Le fait d'être apte à remplir ce rôle lui donne la responsabilité d'accomplir les buts opérationnels qui composent le rôle. Un *acteur* peut remplir plusieurs rôles, dans différents processus d'entreprise.

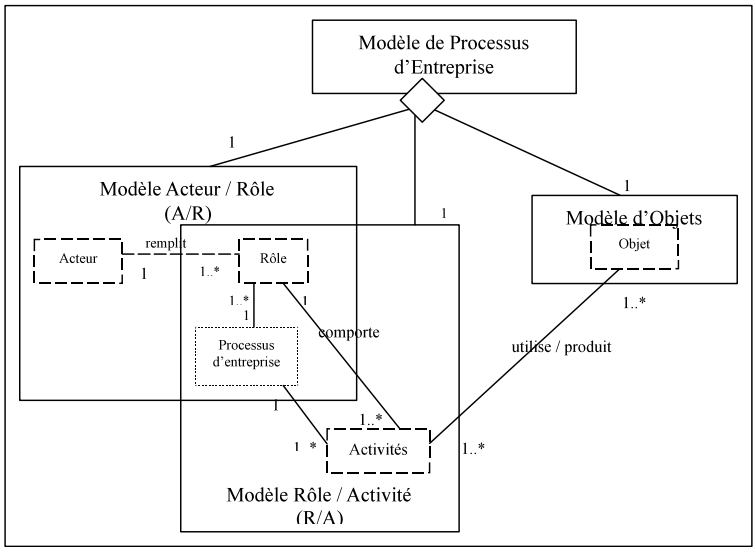

Figure 8 - *Méta-modèle de processus d'entreprise*

Le méta-modèle Acteur/Rôle permet de représenter les dépendances (adoptées à i* et étendues) qui existent entre les rôles. Ces dépendances définissent les relations entre les rôles et facilitent aussi l'identification des processus d'entreprise qui sont complémentaires. Elles guident ainsi la détermination des macro-processus d'entreprise. Il existe quatre types de dépendances entre rôles : *autorisation*, *objectif*, *coordination* et *ressource* (cf. Figure 9). Une *dépendance d'autorisation* exprime qu'un (acteur remplissant un) rôle doit attendre une autorisation venant d'un autre (un acteur remplissant un autre) rôle pour continuer à accomplir des buts opérationnels qui ne sont pas pleinement sous sa responsabilité. Par exemple, la signature du chef de section confirmant la validité d'une transaction réalisée par un employé. Une *dépendance d'objectif* [Anton, 1996] est établie entre deux rôles quand l'objectif –le but opérationnel- du premier rôle dit dépendant (depender) est accompli par le second (dependee) sans qu'aucune restriction soit fixée par le rôle dépendant sur la manière d'accomplir l'objectif. La *dépendance de coordination* entre deux rôles signifie que l'accomplissement d'un but opérationnel d'un –acteur remplissant un- rôle dépend de la satisfaction d'un but opérationnel de l'autre – acteur remplissant - un autre rôle. Finalement, la *dépendance de ressource* permet de représenter les besoins d'échanges physiques de ressources organisationnelles ; par exemple, l'argent payé ou les produits livrés aux clients.

Ainsi, un modèle Acteur/Rôle permet de représenter les *processus d'entreprise* par les rôles permettant leur mise en œuvre, les entités organisationnelles (acteurs) remplissant les rôles et les buts opérationnels associés à chacun des rôles. Il encourage ainsi l'identification des relations de dépendance entre éléments organisationnels (rôles et acteurs) qui doivent être étudiées pour mieux comprendre la manière d'organiser le travail au sein du processus.

♦ ***Le Méta-Modèle Rôle/Activité*** permet de définir l'opérationnalisation de la responsabilité (rôle) d'un acteur dans un processus d'entreprise par la description explicite des activités qui lui incombent. Il permet aussi de définir les interactions entre les différents rôles qui participent à un processus d'entreprise et qui accomplissent collectivement le but opérationnalisable associé à ce

[29] Il est à noter que la notion d'*acteur* dans EKD-CMM est libellée *rôle* dans la majorité des formalismes de représentation de processus d'entreprise. En outre, très souvent, ce qui est appelé *rôle* dans EKD-CMM ne correspond pas à une notion identifiée dans les autres méthodes (à l'exception de la *tâche* dans OSSAD et de la *fonction* dans la section 3.4.2.1).

processus. La Figure 10 montre les concepts du méta-modèle Rôle/Activité. La définition d'un *rôle* comporte un ensemble d'*activités* permettant à l'*acteur* habilité d'accomplir les *buts opérationnels* associés à ce rôle. Les activités associées à un rôle ne sont pas exécutées sans interruption de manière séquentielle. Les activités peuvent aussi s'exécuter en parallèle ou de manière alternative en sélectionnant, selon une condition, une activité parmi plusieurs. Cette relation de précédence existe notamment entre les activités qui sont sous la responsabilité de rôles distincts. Cela permet de définir une coopération au travers des interactions entre rôles. La coopération peut consister à échanger des informations et/ou des ressources, ou coordonner l'exécution des activités entre les différents rôles concernés. Les buts opérationnels sont accomplis par des acteurs jouant chacun un rôle bien déterminé au sein d'un processus et contribuent à la satisfaction du but opérationnalisable associé au processus d'entreprise ; de part leur nature opératoire, ils se trouvent dans la dimension *Processus d'entreprise* des Figures 1 et 6.

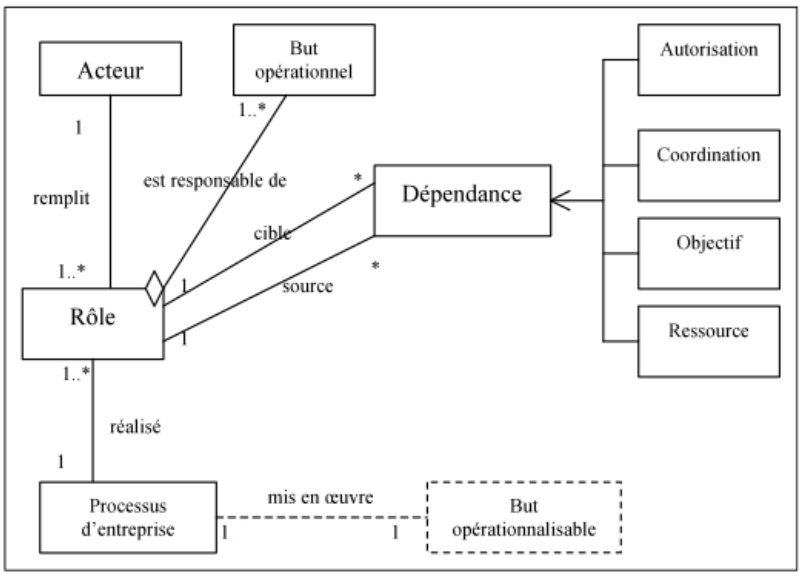

Figure 9 - *Méta-modèle Acteur/Rôle*

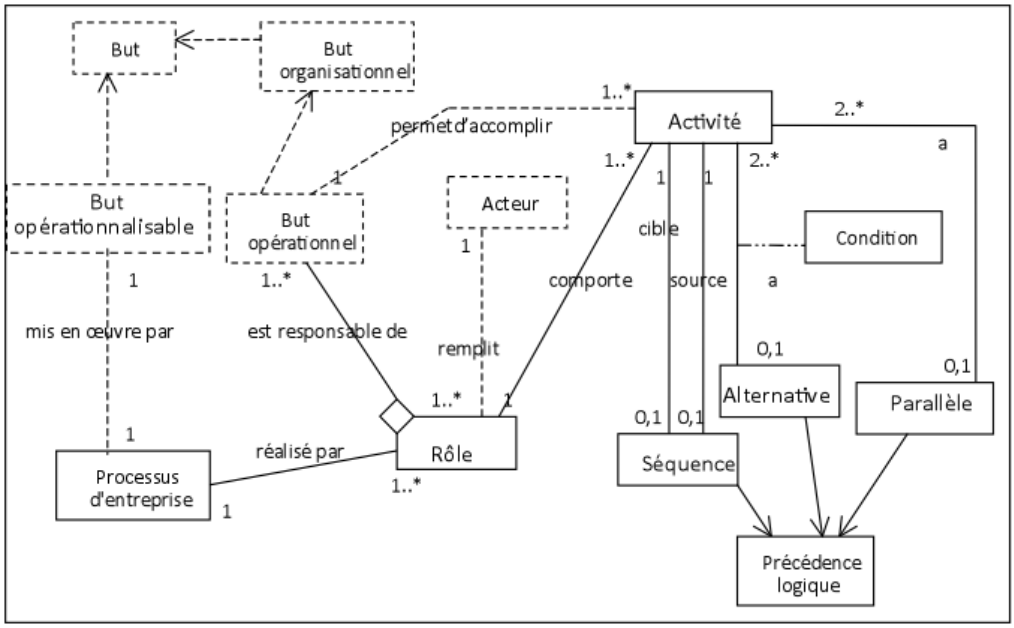

Figure 10 - *Méta-modèle Rôle/Activité*

♦ ***Le méta-modèle Objects*** permet de décrire les éléments physiques et informationnels d'une entreprise qui sont nécessaires à son fonctionnement ainsi que leurs interrelations. Ce méta-modèle fournit les éléments qui permettent de compléter la connaissance accumulée grâce aux deux autres modèles d'entreprise; en particulier, en ce qui concerne la définition des systèmes d'information qui supportent les processus d'entreprise. Le modèle d'objets d'une entreprise constitue le principal lien entre la dimension *systèmes d'information* et la dimension *processus d'entreprise* illustrées à la Figure 6. Le méta-modèle Objects ne sera pas développé dans ce document. Il est classique et comporte une partie structurelle décrite par un diagramme de classes, et une partie dynamique permettant de décrire les cycles de vie des objets métier selon les activités réalisées dans les processus d'entreprise. Le modèle d'objets assure aussi le lien entre la dimension "*systèmes d'information*" et la dimension "*objectifs de l'entreprise*". Tous les objets qui sont générés, manipulés et utilisés par les processus d'entreprise et par conséquent qui contribuent à l'accomplissement des buts d'entreprise sont représentés dans le modèle d'objets. Le méta-modèle d'objets est montré à la Figure 11. Les concepts et les liens représentés en pointillés montrent les interrelations de ce méta-modèle et des deux autres méta-modèles d'entreprise.

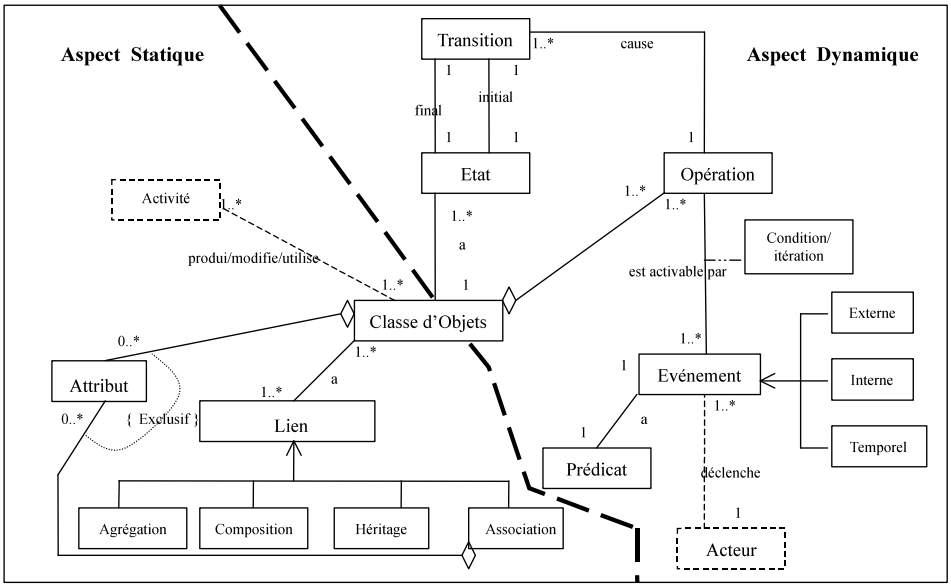

Figure 11 - *Méta-modèle Objets*

Le rapport de recherche qui présente ces travaux et les méta-modèles présentés dans la section 4.4.1 a été cité 71 fois [97h][30]**.**

4.4.1.3. Vision intégrée des méta-modèles de buts et de processus d'entreprise

Cette vision vise à exhiber l'objectif de la modélisation d'entreprise qui doit produire des *modèles d'entreprise* représentatifs du contexte organisationnel, et par conséquent contribuer à la définition du changement. Comme le montre la Figure 12, le concept central du méta-modèle est le *But*. Le raisonnement pour la modélisation de l'impact organisationnel du changement se fait dans la dimension intentionnelle. Les processus d'entreprise se situent dans la deuxième dimension de notre vision de l'architecture d'entreprise (Figures 1 et 6). Leur analyse est

[30] P. Loucopoulos, V. Kavakli, N. Prekas, C. Rolland, G. Grosz, S. Nurcan. Using the EKD approach : The modelling component. ELEKTRA Athena Deliverable (Projet ESPRIT IV), Centre de Recherche en Informatique, Université Paris 1, July 1997.

nécessaire pour atteindre le niveau de connaissance organisationnelle nécessaire au raisonnement au niveau intentionnel.

4.4.1.4. Modèle du processus de changement (CMM)

♦ ***Le méta-modèle de scénarii*** d'impact du changement est une hiérarchie de buts d'impact obtenue par instanciation du méta-modèle de buts. Il permet d'exprimer au niveau intentionnel les transformations à effectuer sur les buts courants de l'entreprise pour tendre vers la vision envisagée. L'entreprise étant en mouvement perpétuel, nous considérons que son évolution fait partie de ses multiples dimensions. Il existe de multiples manières d'atteindre un état futur souhaitable à partir d'un état actuel et nous les exprimons par la présence de réductions *ou* dans le modèle de scénarii d'impact. Chacune de ces manières alternatives permet de définir un scénario d'impact du changement. Le méta-modèle de scénario contient les concepts *but non opérationnalisable* et *opérationnalisable, but d'impact* et *réduction* du méta-modèle de buts. Un scénario est défini comme une hiérarchie de buts d'impact dans laquelle les buts sont liés uniquement par des réductions de type *et*.

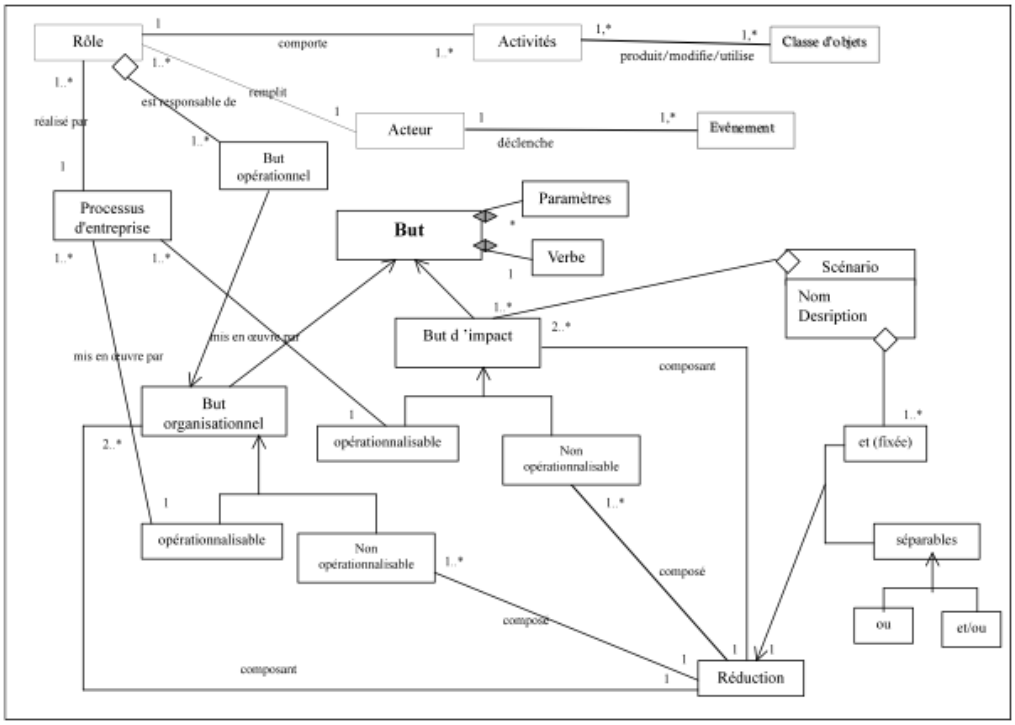

Figure 12 - *Vision intégrée des méta-modèles d'entreprise*

4.4.2. Une méthode pour guider la définition du changement

La Figure 13 caractérise la méthode proposée par rapport au cadre de référence développé dans [Barrios, 2001/ER].

4.4.2.1. Caractérisation de la méthode EKD-CMM par rapport au cadre de référence

4.4.2.1.1. Vue Sujet: *changement*

La méthode EKD-CMM permet de gérer tactiquement le processus de changement. La gestion tactique consiste à analyser une situation de changement, en étant contraint par la (les) stratégie(s) préalablement choisie(s), afin de définir la meilleure manière de mettre en œuvre ce changement dans l'entreprise. Cela nécessite l'étude et l'évaluation des solutions alternatives pour

la mise en œuvre du changement avant d'identifier la solution la plus adéquate dans la situation courante. La méthode s'adresse plus particulièrement aux processus de changement forcés qui sont généralement causés par des facteurs externes à l'entreprise. Un processus de changement forcé requiert une activité préalable permettant aux responsables d'explorer, d'analyser et de comprendre d'une part la situation dans laquelle l'entreprise se trouve, d'autre part les forces contextuelles imposant le changement et leur impact sur l'entreprise.

4.4.2.1.2. Vue Usage : *définition du changement et capitalisation de connaissances*

Selon le cycle de vie d'un processus de changement [Lewin, 1958], la méthode EKD-CMM est dédiée à la phase de *définition du changement*. Cette dernière consiste à analyser et comprendre une situation de changement dans le contexte d'une entreprise, à définir et évaluer les solutions alternatives et à sélectionner la (les) solutions qui minimise(nt) l'impact négatif du changement sur l'entreprise. Il s'agit de décrire ce qu'il faut changer dans l'état actuel de l'entreprise pour atteindre l'état futur souhaité en respectant les contraintes imposées par les forces contextuelles. Compte tenu de la grande variété des facteurs liés à l'entreprise et à son environnement et de la diversité des situations de changement dans lesquelles celle-ci peut se trouver, le choix du processus de modélisation du changement le plus adapté à une situation particulière n'est pas trivial. Notre solution permet de mener une politique de gestion tournée vers la réutilisation de l'expérience et vers la capitalisation du savoir-faire collectif de l'entreprise.

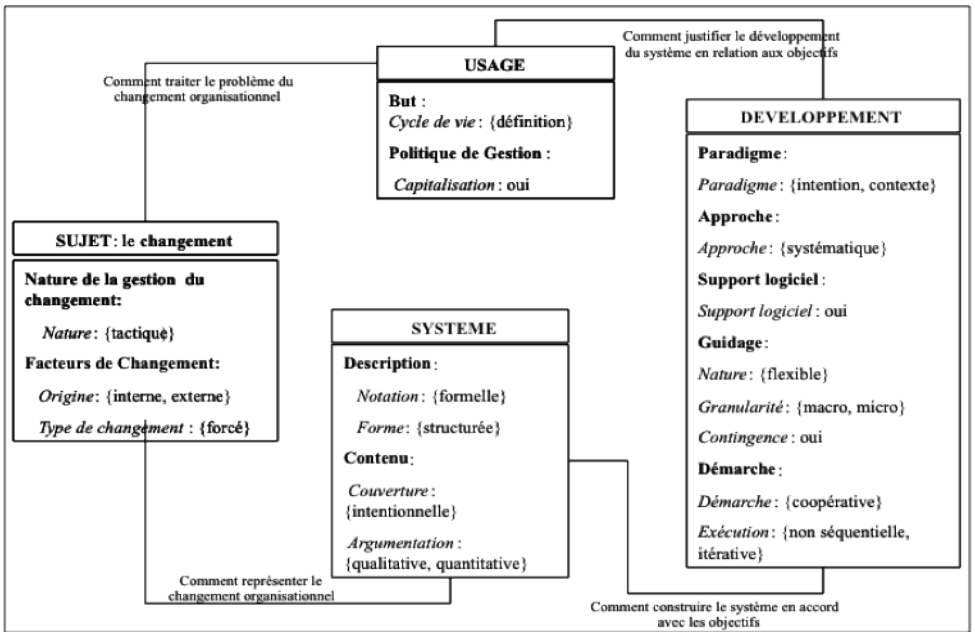

Figure 13 - *Positionnement de la méthode EKD-CMM* **[N02b]**[31]

4.4.2.1.3. Vue Système : *utilisation de modèles pour représenter l'impact du changement*

Les *modèles* générés sont exprimés dans la dimension *intentionnelle* comme des hiérarchies de buts. Leur notation est *formelle* et leur description est *structurée*. Un modèle de buts permet de représenter, et de comprendre aussi bien le fonctionnement actuel d'une entreprise que la vision du futur que l'on veut construire. De la même manière, la modélisation de l'impact organisationnel du changement permet de spécifier les interrelations entre les divers buts de changement avant d'identifier la propagation de cet impact sur les processus d'entreprise. Pour l'évaluation et la sélection des scénarii d'impact les plus adaptés à la situation courante, nous proposons

[31] S. Nurcan, J. Barrios, C. Rolland. Une méthode pour la définition de l'impact organisationnel du changement. Numéro Spécial de la Revue Ingénierie des Systèmes d'Information "Connaissances Métier dans l'Ingénierie des SI (article étendu à partir d'une communication sélectionnée du Congrès INFORSID 2002). Volume 7, N° 4, Hermès, 2002.

l'utilisation de critères *qualitatifs* et *quantitatifs*. Ces critères d'évaluation permettent de choisir le (les) *modèle(s)* de changement les plus approprié(s) dans une situation donnée.

4.4.2.1.4. Vue Développement : *construction des modèles de changement*

La démarche méthodologique que nous proposons pour guider la définition de l'impact organisationnel du changement est formalisée par un modèle de processus de développement. La formalisation contextuelle orientée décision [Jarke et al., 1999] que nous avons adoptée pour la définition de ce modèle nous permet d'offrir un guidage spécifique pour les processus de changement de l'entreprise. Deux niveaux de granularité de guidage, *macro* et *micro*, sont offerts. Le guidage de granularité *macro* est supporté par les directives qui permettent la progression dans le modèle de processus de développement en évaluant les arguments pour sélectionner parmi les intentions et stratégies applicables (voir les directives DSI1 et DSS1 qui se trouvent en annexe de l'article [**N02b**], dans la section 5 du second document, *post-it rose*). Le guidage de niveau *micro* consiste à décrire de manière détaillée la transformation des *modèles d'entreprise et les modèles de changement* en cours de développement. Le modèle du processus de développement est dynamique et offre de multiples variantes. Pendant son exécution, les activités de modélisation sont réalisées dans un ordre non déterministe selon les situations et intentions de modélisation. Certaines aides méthodologiques suggèrent à l'ingénieur de changement d'organiser des sessions de travail coopératif pour l'accomplissement de certaines intentions de modélisation. L'objectif de ces sessions *coopératives* est de faire participer plusieurs personnes, avec différents profiles et connaissances, à la définition de la solution la plus adaptée qui doit être le résultat d'un consensus.

4.4.2.2. Présentation de la méthode EKD-CMM

Le processus de modélisation de la connaissance d'entreprise est par définition *coopératif et participatif*. Il promeut la coproduction des modèles d'entreprise par l'application d'un mécanisme de *raisonnement orienté décision (basé sur les principes du design rationale)*. Le guidage méthodologique proposé [N97a] peut être spécifique au domaine métier (basé un référentiel de bonnes pratiques capitalisés sous formes de patrons par exemple) ou indépendant du domaine métier (basé sur un référentiel de patrons de design en situation de coproduction, *c.f. Figure 17 dans* **[N00b]**). Nos travaux relatifs ont été publiés dans [N97a][32], **[N98e]**[33], **[N99a]**[34], **[N00b]**[35] et cités respectivement **19, 22, 28 et 40 fois**.

4.4.2.2.1. Utilisation de modèles comme support du raisonnement

L'approche de modélisation s'inscrit dans le cadre défini par M. Jackson [Jackson, 1995] dont l'apport le plus important à la conduite des processus de changement réside dans la représentation, au travers des *modèles*, des états de l'entreprise (ou du sous-domaine étudié) avant et après le changement. Comme le montre la Figure 14, le processus de changement comporte quatre étapes.

---

[32] C.Rolland, S.Nurcan, G.Grosz. Guiding the participative design process. Association for Information Systems, Americas Conference on Information Systems, 15-17 August 1997, Indianapolis, Indiana, USA, p. 922-924

[33] C. Rolland, S. Nurcan, G. Grosz. A unified framework for modelling co-operative design processes and co-operative business processes. Proceedings of the 31st Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Big Island, Hawaii, USA, 6-9 January 1998.

[34] C. Rolland, S. Nurcan, G. Grosz. Enterprise Knowledge Development: the process view. Information and Management Journal, Elsevier, 36:3, 1999, p. 165-184.

[35] C. Rolland, S. Nurcan, G. Grosz. A Decision Making Pattern for Guiding the Enterprise Knowledge Development Process. Journal of Information and Software Technology, Elsevier, 42:5, 2000, p. 313-331.

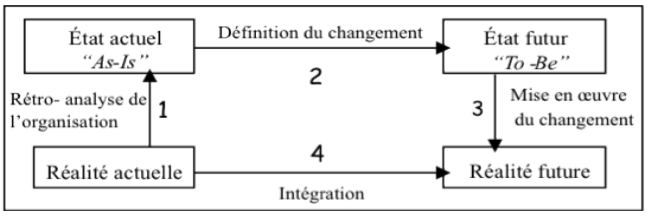

Figure 14 - *Le processus de changement selon Jackson*

L'étape de rétro-analyse (1) permet de comprendre la situation organisationnelle et de la représenter à travers un *modèle* appelé 'As-Is'. L'étape de définition du changement (2) permet d'établir la manière de mener l'entreprise de son état actuel vers son état futur représenté par le *modèle* 'To-Be'. Finalement, le changement est mis en œuvre en respectant les exigences de l'entreprise et de son organisation souhaitée décrites dans le *modèle* 'To-Be' (3) et en considérant le contexte organisationnel présent et intégrant les systèmes 'hérités' (4).

Nous avons retrouvé cette vision dans certaines approches étudiées [McCalman et. al, 1992], [Nadler, 1993], [Dawson, 1994], [Gilgeous, 1997], [Kotter, 1997] (c.f. § 4.2.2.2). Celles-ci soulignent les besoins d'établir une vision claire du futur, de comprendre le contexte du changement avant de décider de la solution à construire, d'intégrer le changement dans la culture d'entreprise, de contrôler la transition de l'entreprise vers son nouvel état.

4.4.2.2.2. La prise en compte de solutions alternatives

Nous avons étendu le processus de changement proposé par Jackson afin d'inclure les multiples trajectoires de changement qui sont envisageables face à une même situation de changement (voir Figure 15). La notion de 'scénarii alternatifs d'impact du changement' est ainsi introduite pour exprimer l'ensemble des chemins alternatifs permettant de mener l'entreprise de son état actuel vers de multiples états futurs. L'une des premières considérations dans la gestion du changement est la minimisation des effets négatifs du changement sur la culture et le fonctionnement de l'entreprise. Il semble donc primordial d'étudier et d'évaluer le comportement potentiel de l'entreprise face aux différentes alternatives de changement. Comme la méthode assiste le raisonnement basé sur les buts dans la dimension "*objectifs de l'entreprise*", nous avons libellé les états 'As-Is' et 'To-Be', respectivement, le *modèle intentionnel du présent* et le *modèle intentionnel du futur*. Quant au modèle de scénarii d'impact du changement, il permet de représenter, d'analyser et d'évaluer les solutions alternatives pour une situation de changement.

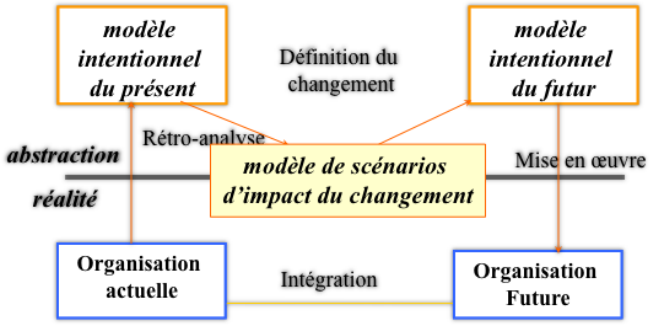

Figure 15 - *Le processus de changement selon EKD-CMM*

4.4.2.2.3. Le raisonnement sur l'impact du changement se fait au niveau intentionnel

Le processus de définition de l'impact organisationnel du changement se déroule dans deux mondes : le conceptuel et l'opérationnel. Le monde conceptuel concerne l'ensemble des modèles dont l'usage est préconisé par la méthode EKD-CMM ainsi que le processus méthodologique qui permet de les construire. Le monde opérationnel concerne la réalité actuelle et la réalité future de l'entreprise telles qu'elles ont été illustrées à la Figure 15.

La Figure 6 de l'article [**N02b**], dans le chapitre 5 du second document (post-it rose), montre aussi la relation produit/processus qui caractérise une méthode. Le produit est composé par les différents *modèles d'entreprise* cités dans cette sous-section. Le processus de définition/modélisation de l'impact organisationnel du changement est défini par le parcours constitué des cercles numérotés de 1 à 4. Ce processus méthodologique se termine par la sélection d'un scénario ou d'un ensemble de scénarii d'impact du changement à mettre en œuvre dans l'entreprise. Ces scénarii résultent de l'évaluation du *modèle de scénarii d'impact* à la lumière des critères définis au préalable par les managers de l'entreprise. Les activités de mise en œuvre du changement et de la transformation organisationnelle (étapes 3 et 4 de la Figure 18 dans [**N02b**]) pourront être ensuite réalisées plus aisément car les effets associés à chaque scénario d'impact auront été préalablement envisagés. Cependant, ces deux dernières activités ne sont pas supportées par EKD-CMM.

L'article qui présente la multi-démarche EKD-CMM a été cité 39 fois [N03a][36].

4.4.2.2.4. Un processus systématique et guidé pour la modélisation de l'impact organisationnel du changement

Le changement affecte toute l'entreprise, ses objectifs, ses processus, ses ressources et son comportement. L'existence de multiples trajectoires de changement et de nombreux états futurs envisageables selon la trajectoire suivie rend d'autant plus complexe le processus de modélisation de l'impact organisationnel du changement.
La définition des exigences du futur et des forces contextuelles permet d'établir les attentes et les restrictions du changement. Leur comparaison avec les objectifs courants permet d'identifier l'ensemble des alternatives envisageables pour la définition de l'impact du changement. La complexité des processus de définition du changement requiert une démarche systématique qui permette le guidage des processus et la réutilisation des savoir-faire acquis. Il faut absolument éviter la prolifération d'une multitude de processus qui s'exécuteraient de manière ad hoc et en n'étant guidés que par l'expérience des participants.

Le processus méthodologique guide la définition de l'impact organisationnel du changement, de la construction du *modèle intentionnel du présent* jusqu'à la sélection de (des) scénario(s) de changement le(s) plus approprié(s). Ce modèle de processus d'ingénierie est défini par des Cartes Il est dynamique et multi-démarches. Le modèle du processus d'ingénierie est défini sur trois niveaux d'abstraction :

- La *Carte de Processus de niveau global (*Figure 16) contient les intentions de modélisation principales, visant la construction des modèles d'entreprise sur les deux premières dimensions illustrées à la Figure 1 et les stratégies envisageables pour les accomplir ;
- Les *Cartes de Processus de niveau local* contiennent les intentions et les stratégies plus spécifiques pour la construction des *modèles de processus d'entreprise ou de hiérarchies de buts* ;
- Le niveau *d'exécution détaillée* contient les directives tactiques qui guident la progression dans les Cartes (guidage niveau macro) ou qui supportent la construction des différents *modèles d'entreprise* (guidage niveau micro).

Les directives méthodologiques associées assistent les prises de décision pendant le déroulement du processus [N99c], [**N99d**]. Elles sont exprimées de manière modulaire selon les concepts définis dans le méta-modèle de processus [Barrios, 2001/ER]. Leur représentation se base sur la notion de *contexte : <situation, intention>* introduite dans [Rolland et al., 1994]. Nous distinguons trois types de contexte : plan, choix et exécutable. Un *contexte plan* est *composé d*'un ensemble de

[36] S. Nurcan, C. Rolland. A multi-method for defining the organizational change. *Journal of Information and Software Technology*, Elsevier. 45:2, 2003, p. 61-82.

contextes. Ces (sous-)contextes doivent être exécutés selon un graphe de précédence prédéfini pour accomplir l'intention du contexte plan. Le *contexte choix* est *raffiné en* un ensemble de contextes alternatifs tels que l'exécution de l'un des contextes alternatifs permet d'accomplir l'intention du contexte choix. Un *contexte exécutable* correspond à une ou plusieurs actions dont l'exécution permet de satisfaire l'intention du contexte. Ces actions modifient le produit en cours de développement [**N99a**]. Le processus de modélisation de l'impact organisationnel du changement est entièrement guidé par ces directives (une DAI à la Figure 20), qui fournissent des arguments pour sélectionner une stratégie parmi les différentes stratégies de modélisation disponibles.

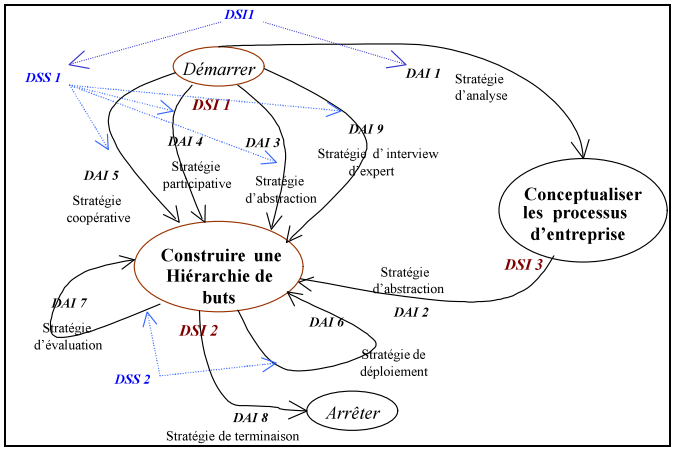

Figure 16 - *Modèle partiel du processus d'ingénierie de EKD-CMM*

Nos travaux sur le guidage du processus de développement dans EKD-CMM ont été cités 19 fois [N97a][37]**, 28 fois [N99a][38] et 40 fois [N00b][39].**

4.4.3. Vers l'ingénierie d'entreprise et des systèmes d'information

Dans [N04a] et [**N05b**], j'ai défini un méta-modèle pour la représentation de l'entreprise sur ses trois dimensions : *stratégie*, *organisation des processus d'entreprise* et *support logiciel*. Ce méta-modèle qui est une version accomplie de la proposition publiée dans [N98b] (voir Chapitre 2 de ce document, Figure 10) est montré à la Figure 17.

La partie intentionnelle de ce méta-modèle, qui vise la spécification du "pourquoi" s'inspire du méta-modèle de Carte, et l'exploite pour définir les **fragments décisionnels des processus d'entreprise**. La partie organisationnelle et opérationnelle a pour composant principal "le fragment de processus" qui est spécifié en ayant recours à des artéfacts variés selon la nature du fragment de processus d'entreprise (bien structuré ou peu structuré). Le *rôle* et la *section* sont les deux concepts qui assurent l'articulation de ces deux premières dimensions comme le montre la Figure 17. Des exemples de modèles d'entreprise intentionnels et opérationnels sont montrés au chapitre 3 (Figures 8 et 9).

[37] C. Rolland, S.Nurcan, G.Grosz. Guiding the participative design process. Association for Information Systems, Americas Conference on Information Systems, 15-17 August 1997, Indianapolis, Indiana, USA, p. 922-924

[38] C. Rolland, S. Nurcan, G. Grosz. Enterprise Knowledge Development: the process view. *Information and Management Journal*, Elsevier, 36:3, 1999, p. 165-184.

[39] C. Rolland, S. Nurcan, G. Grosz. A Decision Making Pattern for Guiding the Enterprise Knowledge Development Process. *Journal of Information and Software Technology*, Elsevier, 42:5, 2000, p. 313-331.

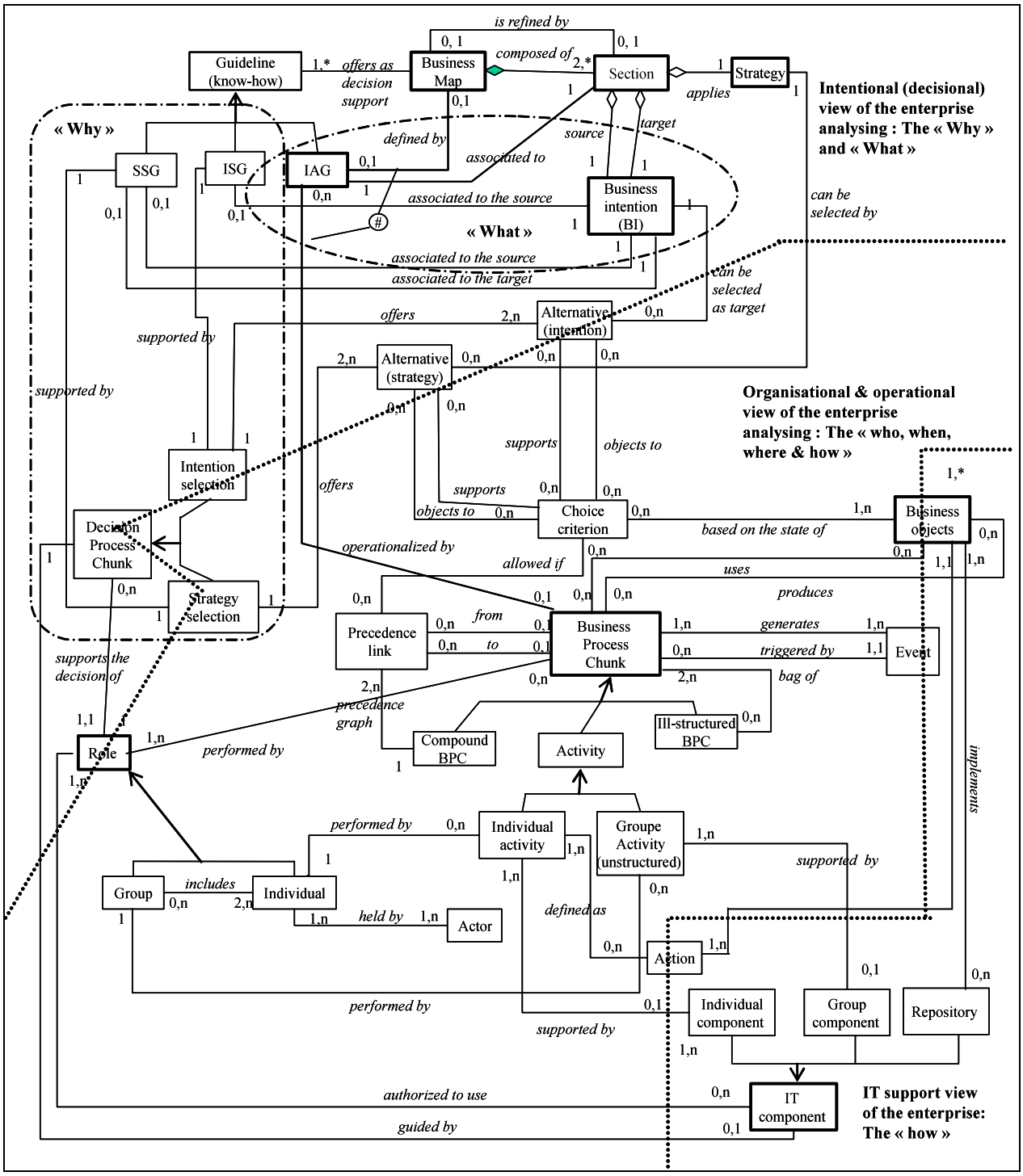

Figure 17 – *Méta-modèle tridimensionnel pour l'ingénierie d'entreprise et des systèmes d'information*

Mes travaux sur la modélisation tridimensionnelle pour l'ingénierie d'entreprise [N05b][40] ont été cités 24 fois. La version originale de ce travail se trouve dans [N04a].

[40] S. Nurcan, M.-H. Edme. Intention Driven Modelling for Flexible Workflow Applications. Special issue of the Software Process: Improvement and Practice Journal on "Business Process Management, Development and Support", 10:4, 2005.

La Figure 18 illustre l'articulation entre les dimensions *intentionnelle (stratégie)* et *organisationnelle*. Cette figure montre les concepts de *rôle* et de *directive d'accomplissement d'intention* associée à une *section opérationnalisable* qui est opérationnalisée par un *fragment de processus d'entreprise* spécifié dans la dimension "*organisation du métier*", autrement dit à un niveau organisationnel et opérationnel.

La partie du méta-modèle (Figure 17) qui vise la description de la solution logicielle, est dans un état assez embryonnaire, mais introduit néanmoins le concept de *composant logiciel* et exploite le concept d'*objet* pour assurer l'articulation des deux dimensions "*organisation du métier*" et "*système d'information*" de la Figure 1.

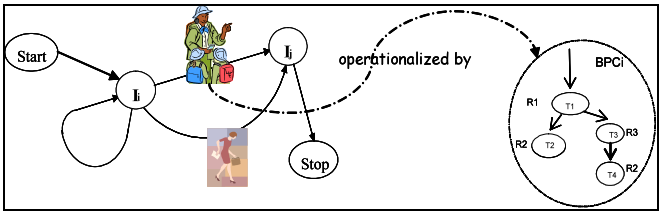

Figure 18 – *L'articulation entre les dimensions intentionnelle et organisationnelle*

En 2004, la démarche méthodologique EKD-CCM a été étendue pour traiter aussi de la dimension système d'information comme le montre la Figure 19 [N03b], [**N04b**].

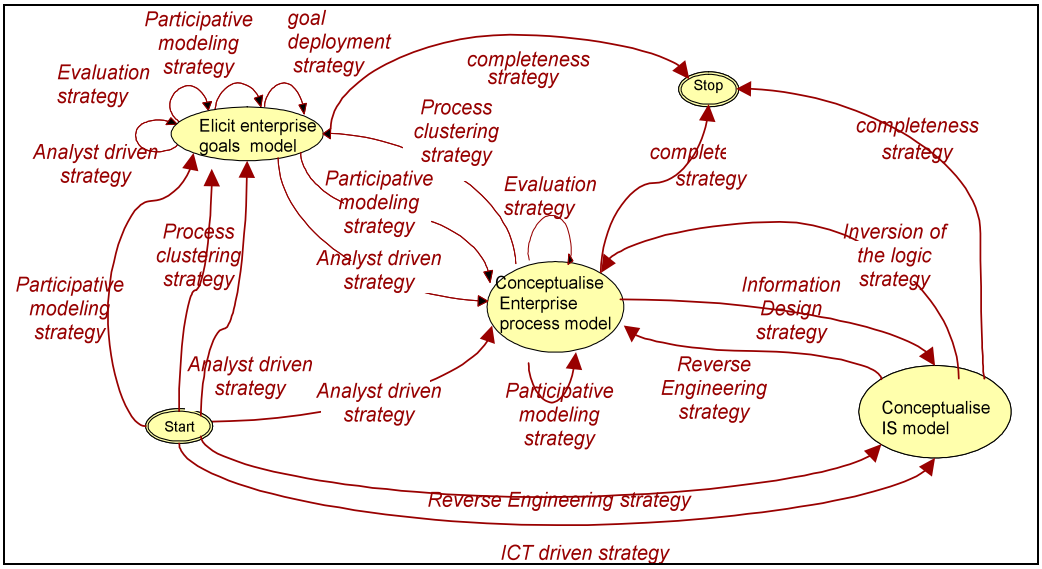

Figure 19 – *La multi-démarche méthodologique EKD-CMM*

Des directives méthodologiques, pour guider les sélections d'intention (DSI), les sélections de stratégie (DSS), et l'accomplissement des intentions (DAI) ont aussi été partiellement développées.

Par exemple, la directive d'accomplissement d'intention associée à la section <*Start, Conceptualise enterprise process model, Analyst Driven Strategy*> est de nature stratégique et elle est définie à un dans la dimension intentionnelle par une Carte locale (Figure 20).

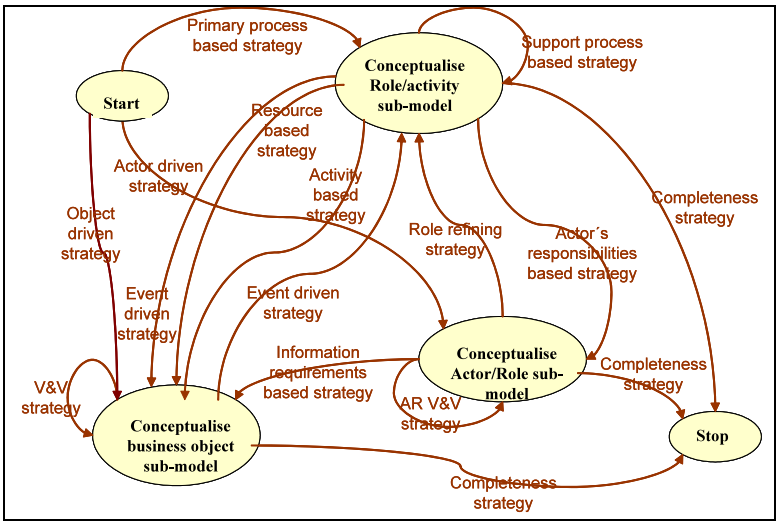

Figure 20 – *La DAI pour la* section <*Start, Conceptualise enterprise process model, Analyst Driven Strategy*> de la Carte globale

La Figure 21 montre la directive d'accomplissement d'intention stratégique associée à la section <*Conceptualise Enterprise Business Process Model, Conceptualise Information System Model,* IS design strategy> définie aussi par une Carte locale.

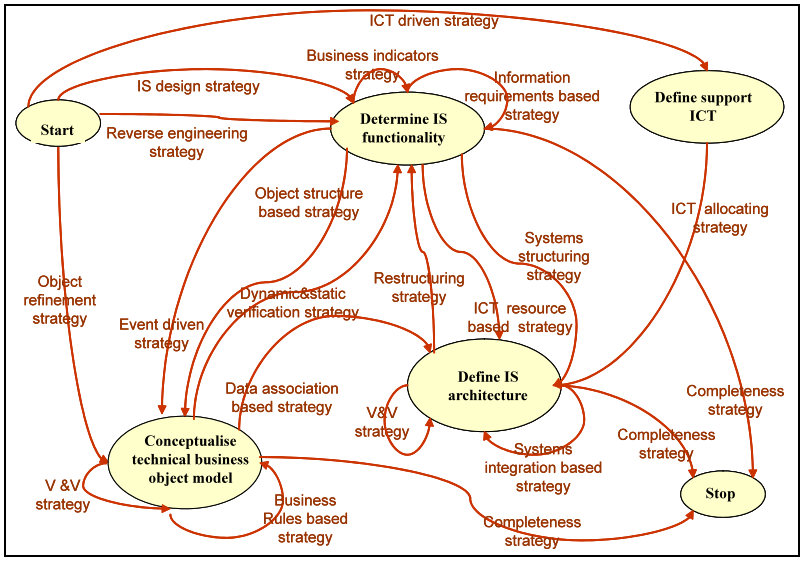

Figure 21 – *La DAI pour la* section <*Conceptualise Enterprise Business Process Model, Conceptualise Information System Model, IS design strategy*> de la Carte globale

Nos travaux sur la méthode EKD-CMM traitant des trois dimensions ont été présentés dans [N04b][41] et cités 14 fois.

4.4.4. Un cadre pour la capitalisation et la réutilisation des modèles

Les patrons sont des propositions de modèles génériques et abstraits, qui apportent des solutions à des problèmes récurrents dans un secteur d'activité particulier et qui peuvent être facilement

[41] J. Barrios, S. Nurcan. Model Driven Architectures for Enterprise Information Systems. The 16th Conference on Advanced Information Systems Engineering, (CAISE'04), Springer Verlag (pub) , June 7-9, 2004, Riga, Lettonie.

adaptés et réutilisés. Un patron est donc un couple "problème/solution". C'est un composant, un schéma d'entreprise, qui doit/peut être réutilisé lorsqu'un problème posé est le même que celui traité par le patron. Dans ce cas, il faut adapter la solution proposée par le patron aux spécificités du problème traité. De nombreuses propositions existent dans la littérature pour les propriétés requises pour un patron. [Alexander, 1979], [Coad et al., 1996], [Coplien, 1995b], [Rumbaugh et al., 1991]. Nous en avons fait la synthèse suivante pour notre propos :

- La connaissance exprimée dans le patron doit être explicite et précise pour permettre sa réutilisation. Un patron définit (i) le problème et les forces extérieurs qui sous-tendent ce problème ; (ii) une solution concrète ; et (iii) le contexte d'application.
- Le patron doit pouvoir être visualisée sous formes de schémas, de présentations formelles, ou de spécifications en langage naturel pour faciliter son partage.

◆ ***Structure de patron.*** Elle comporte le *descripteur* et le *corps* (Figure 22). Le *descripteur* est composé de trois éléments : une signature formelle, une signature informelle et un ensemble de directives méthodologiques.

La *signature formelle* est utilisée durant le processus de réutilisation pour rechercher les patrons qui sont appropriés à une situation donnée et en fonction d'une intention d'usage. La signature formelle se compose du domaine d'activité dans lequel le patron s'applique, le type du patron (Acteur/Rôle, Rôle/Activité, Objet, But, Changement) ainsi que l'intention d'usage du patron.

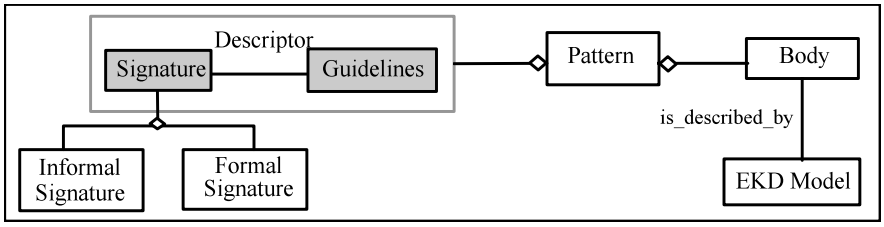

Figure 22 - *Structure du patron*

La signature informelle d'un patron contient des informations détaillées relatives au problème et à la solution correspondante (Figure 23). Elle est composée d'éléments obligatoires et optionnels. Les éléments obligatoires sont le nom du patron, son contexte d'utilisation, le problème qu'il a pour objet de résoudre, les caractéristiques du problème ainsi que la solution au problème. Les éléments optionnels permettent de préciser les conséquences de l'application du patron, les raisons justifiant la solution, les patrons associés, des applications connues du patron ainsi que des annotations.

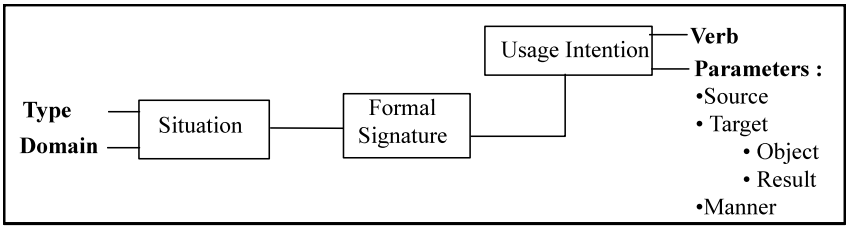

Figure 23 - *Description de la signature formelle*

L'ensemble de directives qui décrivent les différentes manières d'appliquer le patron et de l'adapter à des situations réelles. Dans notre cas, les directives décrivent comment le patron doit être adapté pour créer un (ou une partie de) *modèle d'entreprise* dans le secteur de distribution d'électricité.

L'article [**N98f**] présente des exemples de patrons, dans le chapitre 5 du second document (*post-it rose*).

◆ ***Typologie de patrons.*** Nous considérons deux types de patrons.

- des patrons dédiés à la modélisation des connaissances métier d'un domaine d'étude (dans notre cas, le secteur de l'électricité) en utilisant des modèles d'entreprise ; nous les appelons 'patrons de produit' ; il existe différents types de patrons de produit correspondant aux différents types de modèles EKD (buts, A/R, R/A, objects) (§ 4.4.1.1, 4.4.1.2)
- des patrons dédiés à la modélisation du processus de changement dans le même secteur métier, nous les appelons 'patrons de processus de changement' (§ 4.4.1.4).

◆ ***Référentiel de patrons.*** Nous proposons d'organiser les patrons dans une hierarche de buts en utilisant leur signature formelle. Le référentiel sera ainsi composé de deux parties : (i) les patrons et (ii) leur hiérarchie d'indexation. La première partie comporte la connaissance capitalisée d'un secteur métier. La seconde décrit cette connaissance sous la forme de buts métiers qui peuvent être accomplis en réutilisant les patterns engrangés. La Figure 8 de l'article [**98f**] donne un aperçu de la structure du référentiel.

Le processus de réutilisation des patrons est composé de trois phases : (i) recherche et sélection des patrons appropriés pour le problème à traiter, (ii) le stockage dans un espace de travail, et (iii) la configuration/expansion/raffinement du (des) patron(s) selon les spécificités de l'entreprise. Un prototype a été réalisé dans le cadre de la thèse de J. Barrios [Barrios, 2001/ER].

Nos travaux sur les patrons d'entreprise ont été présentés dans [N98f][42], et [N98g][43] et cités 16 et 12 fois respectivement.

4.4.5. DEEVA, une méthode pour guider la co-évolution métier/SI

La méthode DEEVA a été proposée dans thèse de doctorat d'Islem Gmati [Gmati, 2011], [N10e], [N10m], **[N08e]**, [N07d], [N07h], [N10f].

La méthode DEEVA (DEsign and EVolution of Alignment) offre un guidage méthodologique pour (i) modéliser l'alignement entre les dimensions métier et système d'information de l'entreprise et (ii) faire évoluer cet alignement en tenant compte des exigences d'évolution exprimées à partir du diagnostic de l'alignement et de nouvelles exigences métier qui visent à créer davantage de valeur pour l'entreprise. La proposition consiste en un processus de co-évolution qui mène l'entreprise d'une situation As-Is vers une situation To-Be. Le processus de co-évolution comporte trois phases :

(1) Le diagnostic de l'alignement As-Is entre les modèles métier et système d'information ;
(2) La capture et la spécification des exigences d'évolution en se basant sur des modèles qui exhibent la "qualité" de l'alignement dans la situation As-Is ;
(3) Le choix de la solution technologique pour l'implémentation des exigences d'évolution.

Les *modèles d'entreprise* qui sont produits dans ces trois phases sont des Cartes[44].

La méthode DEEVA a pour but de modéliser, de diagnostiquer (ou analyser) et de faire évoluer l'alignement métier/SI. Le processus d'ingénierie de DEEVA est décrit en utilisant le méta-modèle de

[42] C.Rolland, P. Loucopoulos, G. Grosz, S.Nurcan. A framework for generic patterns dedicated to the management of change in the electricity supply industry. Proceedings of the 9th International Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA'98), August 26-28, 1998, Vienna, Austria, p. 907-912.

[43] C. Rolland, G. Grosz, P. Loucopoulos, S. Nurcan. A framework for encapsulating best business practices for electricity supply industry into generic patterns. 2nd IMACS International Conference on Circuits, Systems and Computers (IMACS-CSC'98), 26-29 October 1998, Pireus, Greece.

[44] Le méta-modèle de Carte a été introduit au Chapitre 3 pour décrire la composante décisionnelle des processus d'entreprise et utilisé dans les précédentes sous-sections du Chapitre 4 pour spécifier le processus d'ingénierie de la méthode EKD-CMM.

Carte et a pour propos de guider les prises de décision qui sous-tendent un processus de changement. La carte globale de DEEVA (Figure 24) montre les trois principaux buts de la méthode.

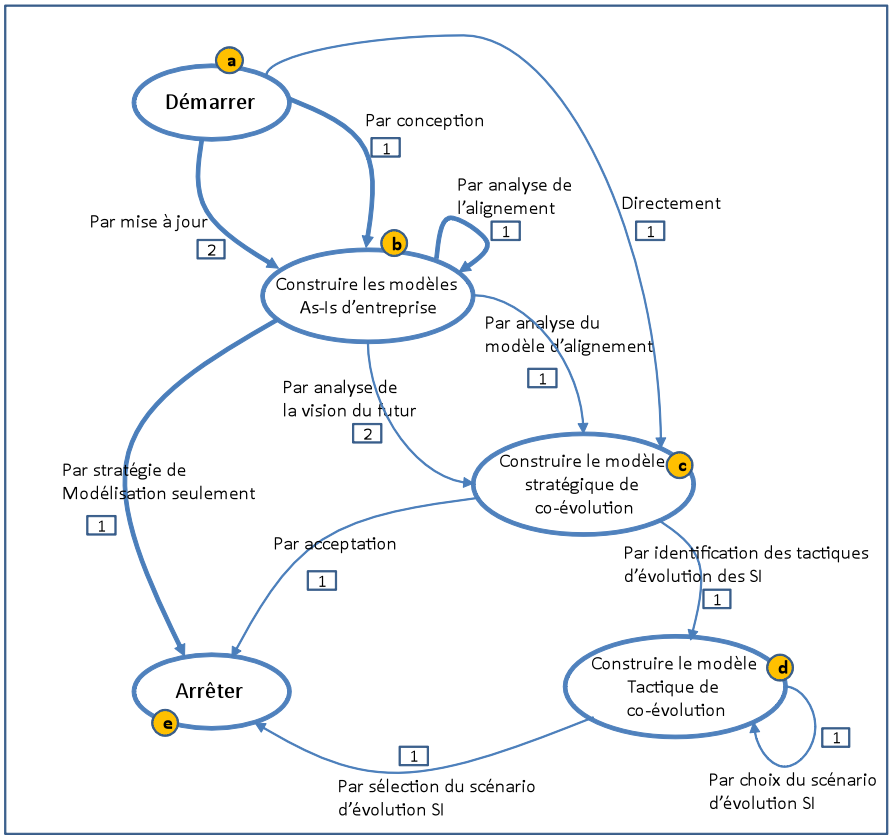

Figure 24 – *Carte globale représentant le processus méthodologique de DEEVA*

4.4.5.1. Modèle d'alignement intentionnel

Le diagnostic de l'alignement nécessite une conceptualisation qui va rendre possible l'analyse.

4.4.5.1.1. Choix de modélisation de l'alignement dans DEEVA

Pour modéliser l'alignement entre le couple "processus métier et le système d'information" et les buts organisationnels, la solution proposée par Islem Gmati articule deux prises de position :

- *Deux éléments ne peuvent pas être alignés s'ils ne partagent pas le même but.* Le choix est donc de modéliser l'alignement métier/SI par rapport à un ensemble de buts qui subsument à la fois le métier et le système. L'utilité de l'approche intentionnelle a été démontrée pour représenter chacune des niveaux de l'architecture d'entreprise : aussi bien la stratégie [Longépé06], [Bleistein, 2006], que les processus métier [Rolland99], [Yu94], [Yu06] et le système d'information [Mylopoulos06], [Rolland01], [Rolland07], [Lamsweerde, 2001]. Un modèle pivot intentionnel est ainsi utilisé dans DEEVA pour modéliser l'alignement "des processus métier et du système d'information" avec les buts organisationnels.

- *L'alignement est défini comme une mise en correspondance entre les éléments des modèles intentionnels et des modèles opérationnels.* Plusieurs auteurs se sont intéressés à la définition de la correspondance entre éléments de modèles. Par exemple, Pohl [Pohl96] identifie 18 types de dépendances, dont deux sont pertinents pour la définition de l'alignement à savoir : le lien "similaire" qui exprime les similarités entre les éléments et le lien "basé sur" qui exprime le fait qu'un concept est influencé par la définition d'un autre concept. Bodhuin [Bodhuin et al., 2004] propose 5 types de dépendances entre les composants du système et les activités d'un processus et définit par exemple le lien "utilise" pour spécifier qu'une activité d'un processus métier peut

être supportée par un ou plusieurs composants du système. Etien [Etien et al., 2005a] définit deux types de liens pour définir la relation d'alignement entre les concepts du modèle de processus et les concepts du modèle de système d'information. Le lien "correspond" exprime une correspondance entre des concepts similaires de modèles différents (tel que le concept "objet" dans les modèles de processus et de système d'information). Le lien "représente" exprime une correspondance entre des concepts différents (tel que le concept "activité" dans le modèle de processus qui peut être représenté par le concept "événement" dans le modèle de système d'information).

Pour définir les liens d'alignement entre les concepts des modèles intentionnel et opérationnel, DEEVA met la notion d'objet au cœur de la définition de ces liens, comme suggéré dans nos travaux antérieurs (Figure 17, § 4.4.3, [N04a], [N04b]). Ce choix est doublement argumenté :

(i) En premier lieu, au niveau intentionnel, les objets fournissent une manière naturelle de comprendre le propos de l'entreprise[45]. En effet, le modèle d'objets est exprimé en termes conceptuels détachés de considérations techniques permettant ainsi aux managers de comprendre le modèle et de se l'approprier.

(ii) En second lieu, au niveau opérationnel, les objets garantissent le lien avec les applications du niveau système d'information. Le modèle d'objets constitue, de notre point de vue (voir chapitre 5 du second document, *post-it bleu, papier joint* [N04b], *section 3*), le lien central entre le métier et le système d'information qui le supporte. Dans le cadre de la thèse de I. Gmati, nous n'avons exploité que les propriétés structurelles de l'objet (et non sa dynamique, son cycle de vie) ; il nous reste par conséquent des perspectives d'ouverture pour ce travail par l'exploitation des stimuli de l'environnement sur l'objet, autrement dit l'événement.

4.4.5.1.2. Caractéristiques de la modélisation de l'alignement dans DEEVA

La modélisation de l'alignement se base sur (i) un ensemble de liens d'alignement mettant en correspondance des éléments intentionnels issus du modèle de buts et des objets opérationnels manipulés par les processus et/ou le système d'information et (ii) un modèle d'alignement intentionnel permettant de représenter la non contribution des processus et/ou systèmes à la réalisation des buts sous forme de dysfonctionnements capturés au niveau opérationnel.

♦ ***Les liens d'alignement***. La méthode DEEVA propose une représentation de l'alignement qui se base sur des liens d'alignement complexes de types N-M mettant en correspondance des objets définis au niveau intentionnel avec ceux définis au niveau opérationnel. Les objets définis au niveau intentionnel proviennent du modèle de buts. Le formalisme utilisé pour représenter les buts organisationnels est la Carte [Rolland99]. Une stratégie liant un but source et un but cible forme une section qui est caractérisée par un ensemble de pré-conditions et de post-conditions. Ces pré et post-conditions sont des expressions booléennes utilisant des objets et des états d'objets. Tous les objets qui interviennent dans la définition des pré et post-conditions sont des objets intentionnels. Par exemple, l'expression booléenne "Fiche_Produit : disponible ET Produit : créé" est la post-condition permettant d'atteindre le but "référencer les produits". Les objets "Produit" et "Fiche_Produit" sont des objets dits intentionnels (parce que définis au niveau intentionnel). En revanche, les objets opérationnels sont les objets manipulés par les processus métier et/ou le système d'information et correspondent à la représentation des objets intentionnels au niveau des modèles opérationnels. L'objet intentionnel "Produit" est représenté au niveau du système par trois objets opérationnels "type_ produit", "détail_logistique" et "détail_tarifaire". Cet exemple montre qu'un objet intentionnel peut être représenté par plusieurs objets opérationnels et justifie la nécessité de définir des liens complexes de type (N-M). Un lien d'alignement (N-M) est dit complexe car :

[45] De même que (i) les modèles d'objets dans la dimension "*organisation des processus d'entreprise*" (voir figure 12, § 4.4.1) ou (ii) l'entité *objet métier* entrant dans la définition des critères de choix de navigation dans une carte métier (voir Figure 18, § 4.4.3, et aussi [N05b]).

- Il est structurellement riche. Contrairement aux liens simples de type 1-1, le lien d'alignement caractérise un bloc d'alignement pouvant mettre en relation N éléments opérationnels et M éléments intentionnels (N et M >= 1) ;
- Il est sémantiquement riche. Il est possible d'associer une classe de dysfonctionnement à chaque bloc d'alignement.

♦ ***Evaluation des liens d'alignement***. L'évaluation de l'alignement est indispensable pour guider les prises de décision quant aux actions à entreprendre pour améliorer l'alignement et le maintenir dans le temps. La méthode DEEVA propose une évaluation qualitative renforcée par une vision quantifiée de l'alignement. Une évaluation qualitative consiste en la définition d'un ensemble de classes de dysfonctionnements associées aux blocs d'alignement. L'alignement entre le couple 'processus et systèmes' et les buts organisationnels est perçu en termes de dysfonctionnements des premiers qui font que les derniers (les buts) ne sont pas atteints ou le sont partiellement. Cette vision qualitative est complétée par des métriques définies au niveau des liens d'alignement pour évaluer quantitativement le 'non alignement' (ou les dysfonctionnements). Ces mesures permettent de détecter s'il y a des actions à entreprendre pour accomplir le but organisationnel correspondant. Un seuil peut être fixé, au-delà duquel des actions de correction sont entreprises et au dessous duquel le dysfonctionnement est considéré comme acceptable.

Le résultat de cette évaluation est un tableau de bord mettant en relation les buts organisationnels avec les processus d'entreprise et les systèmes qui les supportent. Ce tableau présente les mesures de non alignement en termes de dysfonctionnements des processus et des systèmes. L'évaluation des liens d'alignement permet de détecter les dysfonctionnements et les traduire en termes de non contribution des éléments opérationnels (processus métier et système) à la satisfaction des buts organisationnels. Ce non alignement est exhibé par le modèle d'alignement intentionnel.

♦ ***Le modèle d'alignement intentionnel***. Le Modèle d'Alignement INtentionnel (MAIN) est utilisé pour (i) représenter conjointement les buts partagés par le métier et le système d'information et (ii) représenter la non contribution des processus métier et du système d'information à la satisfaction des buts. Un modèle pivot intentionnel subsumant le métier et le système d'information est donc nécessaire. Le formalisme utilisé pour représenter l'alignement des processus métier et du système d'information avec les buts organisationnels est le méta-modèle de Carte [Rolland99]. Le formalisme de la carte a été choisi pour (i) son pouvoir d'expression aussi bien des processus métier que du système au niveau intentionnel faisant ainsi abstraction des détails opérationnels et permettant de se concentrer sur l'essentiel, (ii) sa distinction des intentions (les buts) de la manière de les atteindre (les stratégies), (iii) l'explicitation des stratégies permettant ainsi de capturer les différentes alternatives pour atteindre un but et (iv) sa facilité (toute relative certes) de compréhension aussi bien par les acteurs du monde du métier que du monde du SI.

Les buts du MAIN sont ceux du modèle de buts utilisé pour identifier les objets intentionnels. Les stratégies pour atteindre les buts sont définies en suivant une approche bottom up pour abstraire le fonctionnement des processus d'entreprise et des systèmes logiciels. De cette manière, le MAIN spécifie (i) les buts partagés par le métier et le système et (ii) la manière dont les éléments opérationnels (processus et système) contribuent à l'atteinte de ces buts. La contribution des processus et système aux buts organisationnels est représentée par des classes de dysfonctionnement identifiées lors de l'analyse des liens d'alignement. Ces classes de dysfonctionnement annotent chaque section du modèle pivot intentionnel permettant ainsi d'offrir un diagnostic de l'alignement afin d'entreprendre, dans la phase suivante, les actions nécessaires pour l'améliorer.

4.4.5.2. Modèle de co-évolution stratégique

La deuxième phase s'intéresse à la gestion du changement, autrement dit aux choix à effectuer pour la spécification des exigences d'évolution. Pour maîtriser le changement et maintenir la relation d'alignement, notre choix est de considérer l'évolution conjointe des éléments concernés par le changement, on parle ainsi de co-évolution. La co-évolution dans DEEVA est guidée par des

exigences d'évolution auxquelles l'entreprise souhaite se conformer en vue d'améliorer son métier et créer d'avantage de valeur. Pour savoir vers où l'on souhaite aller, une description de la cible doit être fournie. La définition de la cible peut être faite en se concentrant exclusivement sur la cible et en ignorant la situation existante ou en définissant les écarts par rapport à la situation actuelle. Notre choix est de définir les exigences d'évolution sous forme d'une collection d'écarts par rapport à la situation actuelle. Ce choix est motivé par le fait que la définition d'écarts permet (i) de se concentrer uniquement sur ce qui change et (ii) d'améliorer ainsi l'efficience de cette phase, notamment sur le terrain d'application afin d'améliorer la praticabilité de la méthode dans les entreprises [N10e]. Dans DEEVA, l'évolution se fait sur le MAIN.

La méthode DEEVA s'intéresse à l'évolution conjointe d'un ensemble d'objets liés en vue de préserver leur alignement après la mise en œuvre du changement. L'approche proposée consiste à travailler sur un modèle unique qui est le MAIN. Le raisonnement conduit sur ce modèle produit le Modèle de Co-évolution Stratégique (MCoS). Le MCoS décrit la situation To-Be en intégrant les exigences d'évolution, il est donc le pendant du MAIN qui décrit l'alignement dans la situation As-Is.

Les exigences d'évolution sont définies en se basant sur (i) la capture des dysfonctionnements (ou le non alignement) de la situation As-Is représenté par le MAIN et (ii) la capture de nouvelles exigences métier que l'entreprise souhaite satisfaire pour améliorer son fonctionnement et ses services au client et pour créer de la valeur. Une classification des exigences d'évolution est proposée (informatisation, adaptation, transformation) et un ensemble de règles pour construire le MCoS à partir du MAIN est défini. Cette classification permet de définir les types d'action à entreprendre pour faire évoluer les processus métier et les systèmes existants. Le MCoS exprime ainsi la co-évolution des processus métier et du système d'information (incluant de nombreux systèmes logiciels hérités) avec les buts organisationnels.

4.4.5.3. Modèle de co-évolution tactique

Une panoplie de choix d'options technologiques pour l'évolution de systèmes existe. Il nous semble que les entreprises prennent leur décision d'une manière souvent peu motivée quant au choix de la technologie à adopter pour faire évoluer leur système d'information et les processus d'entreprise. Or, une erreur de choix peut avoir des conséquences considérables sur l'entreprise et conduire à l'échec des projets avec des conséquences financières importantes. Nous avons donc choisi de considérer le processus de co-évolution comme un processus de prise de décision qui guide le choix du scénario technique le mieux adapté à la situation de l'entreprise. Le scénario technique consiste en un ensemble d'options technologiques choisies, qui seront appliquées sur les *différentes parties* des systèmes existants. Ces options technologiques peuvent être la réingénierie, la restructuration des données, la migration, la ré architecture, le remplacement par un COTS, etc. Le problème de cette prise de décision réside dans le fait que, dans le monde socio-économique, la question d'évolution des systèmes hérités est souvent appréhendée à un niveau uniquement technique et solutionnée avec un arbitrage purement financier. Nous avons choisi de considérer l'évolution des systèmes existants sous l'angle de leur alignement avec les buts stratégiques de l'entreprise.

Pour choisir le scénario technique d'implémentation des exigences d'évolution, DEEVA se base sur un modèle unique représentant conjointement les exigences d'évolution et les options technologiques possibles pour les mettre en œuvre. Ce modèle est nommé Modèle de Co-évolution Tactique (MCoT) ; il est construit à partir du MCoS. Le MCoT décrit les manières d'implémenter les exigences d'évolution capturées au niveau stratégique dans le MCoS. Une relation de Fin/Moyen existe donc entre le MCoS et le MCoT. Selon le BMM [BMM07], la *fin* est définie comme étant ce que le métier cherche à accomplir sans inclure d'indications sur la façon dont elle sera réalisée. Le concept de "*fin*" est associé à une vision ou un résultat désiré. Le moyen représente ici une technique ou une méthode pouvant être invoquée ou imposée pour atteindre une fin. Une classification d'options technologiques d'évolution est alors proposée. Cette classification se base sur une évaluation de la qualité du système existant. La construction du MCoT se fait à partir du MCoS par le biais d'un ensemble de règles permettant d'associer les classes d'options technologiques (tactiques) d'évolution aux types d'exigences (stratégiques) d'évolution spécifiés

dans le MCoS, permettant ainsi de représenter conjointement les exigences d'évolution et les moyens technologiques de les mettre en œuvre. La méthode DEEVA se base sur le MCoT pour assister la décision du scénario technique. Un ensemble de critères de choix est défini et une analyse quantifiée de l'impact organisationnel de l'adoption de telle ou telle classe d'évolution du système d'information est proposée.

La solution de co-évolution proposée dans la méthode DEEVA s'articule sur trois modèles : le MCoT fournissant le moyen pour atteindre la fin représentée par le MCoS qui lui-même représente les actions de correction du non alignement capturé par le MAIN. La méthode a été appliquée dans un projet stratégique de transformation organisationnelle et de refonte du système d'information de l'enseigne textile VETI du Groupement des Mousquetaires dans le cadre d'un contrat CIFRE. L'application de DEEVA dans ce projet a permis de mettre en évidence l'intérêt et l'efficacité de différents choix effectués dans l'ingénierie de la méthode DEEVA :

(i) le concept d'objet qui est au cœur de la définition des liens d'alignement ;
(ii) la complémentarité des évaluations qualitative et quantitative de l'alignement ; la première pour détecter le type de dysfonctionnement et la seconde pour mesurer son ampleur en vue de décider les actions correctives à entreprendre ;
(iii) l'évaluation de l'alignement qui se fait à un niveau intentionnel ; le raisonnement sur la co-évolution métier/SI qui se base sur un modèle qui exhibe le –non- alignement (MAIN) ;
(iv) la représentation des exigences d'évolution dans un unique modèle intentionnel ; le raisonnement sur le changement qui se concentre sur l'essentiel (MCoS);
(v) l'intégration de l'aspect technologique dans une représentation intentionnelle de l'évolution ; la classification des options technologiques en tactiques d'évolution des systèmes hérités; le choix d'une tactique d'évolution en fonction de l'évaluation des qualités techniques et métier d'un système (MCoT) ;
(vi) la gestion de la variabilité de l'implémentation du changement par un processus décisionnel qui guide le changement depuis sa spécification jusqu'au choix de la "meilleure" alternative technologique pour sa mise en œuvre.

4.5. Conclusion

Mes recherches dans ce thème, démarrées en 1996 comme le montre le tableau de synthèse des publications à la section 1.1.1 du second document, m'ont conduit à m'intéresser aux multiples dimensions et perspectives de représentation des entreprises avec comme finalité de construire des systèmes d'information aptes à évoluer en phase avec les stratégies des entreprises qu'ils supportent. Trois leviers retiennent particulièrement mon attention dans cette synthèse: la ***cohérence*** inter-modèles, la capacité à intégrer la dimension ***changement*** dans les représentations, et la ***capitalisation*** des connaissances.

Dans la réalisation et l'animation des travaux de recherche liés à ce thème et synthétisés dans ce chapitre, la ***cohérence*** inter-modèles (alignement inter-dimensions et inter-perspectives) est basée sur quatre méta-modèles d'entreprise interconnectés offerts par la méthode EKD-CMM. L'obtention de la cohérence dépend du respect de la sémantique de ces méta-modèles pendant la construction des modèles d'entreprise. L'une des premières perspectives de ce travail sera de définir (i) des règles de vérification des modèles d'entreprise et ainsi que (ii) des règles de transformation (de type MDA) pour pouvoir faciliter la génération des modèles d'entreprise par transformation ou du moins par une aide au raisonnement.

Le maintien de la ***cohérence*** inter-modèles se fait dans un contexte de *changement* touchant l'entreprise dans l'une ou plusieurs de ses dimensions, on parle alors de ***co-évolution***. L'ingénierie de la relation *d'alignement* dans la méthode DEEVA analyse la cohérence entre des éléments de modèles d'entreprise appartenant à la dimension stratégique (*objectifs de l'entreprise*) d'une part, et aux dimensions "*organisation des processus métier*" et "*système d'information*" d'autre part. Notamment, nous évaluons l'impact des buts de changement sur les dimensions processus d'entreprise et système d'information afin d'assurer la continuité entre les choix stratégiques et

les choix de nature plus tactique et opérationnelle. L'objectif de nos recherches était de conduire le changement jusqu'au choix de la solution technique. La méthode DEEVA répond à cet objectif en proposant (i) le Modèle Intentionnel d'Alignement qui permet de représenter le non alignement en capturant les dysfonctionnements de la situation existante ; (ii) le Modèle de Co-évolution Stratégique qui permet de spécifier les exigences d'évolution au niveau métier; (iii) le Modèle de Co-évolution Tactique qui permet de représenter les options technologiques ; et (iv) un processus de co-évolution qui guide le choix du scénario technique pour la mise en œuvre du changement.

Nous avons ainsi couvert toute la phase de définition du changement sur les trois dimensions de la modélisation d'entreprise. La littérature tend vers le constat que le ***changement*** ne peut être mis en œuvre sans être conduit de manière incrémentale et structurée. La méthode EKD-CMM apporte deux éléments importants à la définition du changement :

- une solution basée sur l'utilisation de *modèles d'entreprise exprimés au niveau intentionnel* (*objectifs de l'entreprise*) qui permettent de représenter l'architecture actuelle et future de l'entreprise et les scénarii alternatifs d'impact du changement ; et
- une démarche méthodologique complète qui assure le guidage du processus de modélisation de l'impact organisationnel du changement jusqu'à la sélection du (des) scénario(s) d'impact le(s) plus approprié(s).

Modéliser l'impact du changement en raisonnant d'abord sur ses effets possibles sur les objectifs de l'entreprise permet de propager son influence à toutes les dimensions de représentation, en évitant en même temps, la complexité des détails associés aux processus d'entreprise. En raisonnant au niveau intentionnel, le *modèle de scénarii d'impact du changement* est construit comme une hiérarchie de buts d'impact du changement. Dans un deuxième temps seulement, l'impact du changement sur les objectifs de l'entreprise se répercutera sur l'ensemble des processus d'entreprise qui permettent d'atteindre ces objectifs et sur les acteurs qui participent à ces processus d'entreprise.

La méthode proposée est générique et peut être combinée à d'autres approches de gestion de changement étudiées [Barrios, 2001/ER], pour assister certaines de leurs étapes. Notamment, elle peut être utilisée en amont d'autres approches qui concernent plus particulièrement la mise en œuvre du changement. La méthode EKD-CMM s'inscrit dans le domaine des méthodes situationnelles, et comme telle, elle est basée sur des composants prédéfinis et réutilisables. La configuration se fait dynamiquement pendant l'exécution du modèle de processus associé à la démarche méthodologique. Ainsi, les ingénieurs (designers) de changement ne sont pas restreints à une démarche unique et figée. Les composants de méthode peuvent être étendus au fur et à mesure que l'expérience sur la gestion du processus de changement s'enrichit.

L'état de l'art comparatif réalisé sur 22 méthodes de changement a clairement montré la nécessité de méthodes participatives et orientées vers la ***capitalisation*** *des connaissances* et la construction d'une *mémoire organisationnelle*. Pour traiter de ce problème dans le cadre du projet Esprit ELEKTRA, nous avons exploité le concept de *patron* afin de (i) permettre la capitalisation de la connaissance sous-jacente à la prise en compte du changement dans les entreprises du secteur d'électricité et (ii) disséminer les expériences acquises dans des situations similaires. Dans cette perspective, les patrons sont des propositions de schémas d'entreprise qui peuvent être (ré)utilisés dans différentes entreprises. *La réutilisation nécessite à la fois la mémoire et l'intelligence de l'organisation et elle sera aussi la clé de voûte de l'organisation apprenante et agile*. Pour répondre à cette nécessité, les démarches de gestion du changement doivent soigner les aspects d'ingénierie négligés jusque là, à savoir apporter des moyens de raisonner dans les vues *Système* (les modèles du changement) et *Développement* (les démarches de construction et de réutilisation de ces modèles), comme proposent les méthodes EKD-CMM et DEEVA.

C'est seulement sous ces conditions que les processus de modélisation d'entreprise pourraient (i) pleinement tirer bénéfice des mécanismes de raisonnement orientés décision offerts dans la littérature scientifique et (ii) faire place à des acteurs (designers) engagés dans des processus d'ingénierie coopératifs et participatifs pour la coproduction de modèles et de systèmes d'entreprise.

Chapitre 5.

Vers la Gouvernance du Système d'Information

5. Vers la Gouvernance du Système d'Information

Comme nous l'avons vu à la section 3.2.1.3, le fascicule de documentation FD X 50-176 publié par l'AFNOR en 2000, distingue trois grandes familles de processus [AFNOR, 2005]. Les derniers cités, l*es processus de management ou de direction ou de pilotage* participent et contribuent à la détermination, à l'élaboration de la politique et au déploiement des objectifs dans l'entreprise. Ils définissent les fils conducteurs des processus d'entreprise opérationnels et de soutien, ils les pilotent, les surveillent, les mesurent, les modifient ou les remplacent si nécessaire. Ces processus peuvent intégrer la planification stratégique, le pilotage de l'amélioration continue, le management de la qualité, l'innovation, *la gouvernance d'entreprise, la gouvernance des systèmes d'information*.

La gouvernance d'entreprise est un mécanisme de régulation permettant de s'assurer que la stratégie de l'entreprise est bien appliquée sur le terrain. Elle comporte des processus, réglementations, lois et institutions influant la manière dont l'entreprise est dirigée, administrée et contrôlée. Elle est de plus en plus perçue comme un mécanisme permettant de mettre en place une série de processus susceptibles de maintenir l'entreprise stable, de responsabiliser l'ensemble des acteurs et de faire en sorte que tous les acteurs s'approprient les processus, en totale transparence, avec une politique de communication claire et des rôles clairement définis. On revient donc, à l'échelle macroscopique de l'entreprise, sur les principes de base de l'organisation coopérante introduite à la section 2.1.

Ces processus qui produisent des 'décisions' en guise de 'produit' ou de 'service au client' ont autant besoin d'être instrumentalisés par les systèmes d'information que les processus de nature plus opérationnels de l'entreprise. De même, ces processus stratégiques nécessitent pour leurs représentations des formalismes qui supportent et qui rendent possible des raisonnements orientés décision (c.f. chapitres 3 et 4) en vue de raisonner, une fois de plus mais de manière plus impérative cette fois, sur le '***pourquoi***'.

Puisque le système d'information opère dans un environnement (interne et externe à l'entreprise) qui essuie des tempêtes, il faudra le 'diriger', le 'conduire', le 'piloter', le 'gouverner'. La gouvernance du système d'information fait partie intégrante de la gouvernance d'entreprise.

Une définition descriptive de la *gouvernance* consiste à considérer qu'elle décrit comment un système est dirigé et contrôlé [CIGREF, 2002b]. Ainsi définie, la gouvernance est l'association du

pilotage qui consiste à s'assurer que les décisions d'aujourd'hui préparent convenablement demain, et du *contrôle* qui consiste à mesurer l'écart par rapport à ce qui était prévu. Weill et Ross [Weill et al., 2004] orientent la définition de la gouvernance des systèmes d'information en se concentrant sur le concept de *décision*. Selon ces auteurs, la gouvernance du système d'information est un processus de pilotage qui vise à maîtriser les décisions à prendre ainsi que les risques sous-jacents et à orienter les décisions afin d'augmenter la valeur ajoutée et de minimiser les risques pour l'entreprise.

Selon une vision plus prescriptive, la gouvernance du système d'information correspond à la mise en place des moyens par lesquels les parties prenantes peuvent s'assurer de la prise en compte de leurs préoccupations dans les services offerts par le système d'information. *Elle repose sur* ***le contrôle et la mesure de la performance des processus d'ingénierie et de management du système d'information*** *au regard des objectifs qui sous-tendent l'usage qui en est/sera fait*. Elle devrait répondre à de nombreuses questions, notamment (i) Comment s'assurer d'un usage efficient du système d'information ? (ii) Comment accroître la pérennité du système d'information ? (iii) Comment réduire les risques associés au système d'information ?

La gouvernance du système d'information vise ainsi à définir les objectifs assignés au système d'information, à planifier, définir et mettre en œuvre les processus liés au management de son cycle de vie. Selon Le Roux *et al.* [Le Roux et al., 2006], elle a un triple objectif :

- assurer que les ***prises de décision*** concernant le système d'information soient mieux informées et argumentées;
- faciliter la construction d'une vision partagée du système d'information par tous les acteurs concernés (direction générale, directions métiers, direction du système d'information et utilisateurs) grâce à la qualité de la ***justification des décisions*** ;
- utiliser cette vision partagée comme un 'révélateur' pour aider toutes les parties prenantes à comprendre la complexité du système d'information, et de même la complexité de son évolution, et mettre ainsi chacun en face de ses ***responsabilités*** et ses *prérogatives* pour les ***décisions*** concernant le système d'information.

Parmi les approches de 'IT Gouvernance', ITIL et COBIT sont les plus citées. Appliquées sur un système d'information *déployé et en usage en entreprise*, ces cadres de travail permettent de définir des indicateurs pour le contrôle et le pilotage du système d'information.

Tout système peut être dirigé/maîtrisé/mis sous contrôle à condition de savoir définir (i) les dispositifs permettant de mesurer (par des variables de contrôle) si les objectifs qui lui ont été assignés sont atteints et (ii) les leviers (variables) d'action pour corriger les écarts. Selon la cybernétique, la science de contrôle des systèmes, un système ne peut être maîtrisé a priori que si le système de pilotage a une variété au moins égale, autrement dit, s'il y a autant de réponses que d'états possibles du système à piloter. Plutôt que de construire une grande variété de dispositifs de pilotage (très coûteux), il semble plus prometteur de miser sur des systèmes de pilotage pouvant *s'adapter* et *apprendre*. Par conséquent, une représentation des processus de gouvernance par des modèles (i) dirigés par les buts et (ii) permettant des raisonnements sur les décisions et les arbitrages nous semble être plus approprié. La gouvernance du système d'information a aussi pour responsabilité de maîtriser le processus de changement. La Figure 1 se veut illustrative de ce propos en complétant le processus de changement montrée à la Figure 15 du chapitre 4.

Les décisions concernant les systèmes d'information sont parmi les plus importantes que doivent prendre les dirigeants en matière d'investissement. De plus en plus d'entreprises se tournent vers des stratégies fondées sur le traitement de l'information et l'exploitation des connaissances. L'une des conséquences majeures de cette transformation est que la stratégie d'entreprise doit s'accompagner d'une stratégie des technologies de l'information (c.f. modèle stratégique d'alignement à la section 4.2.4.1).

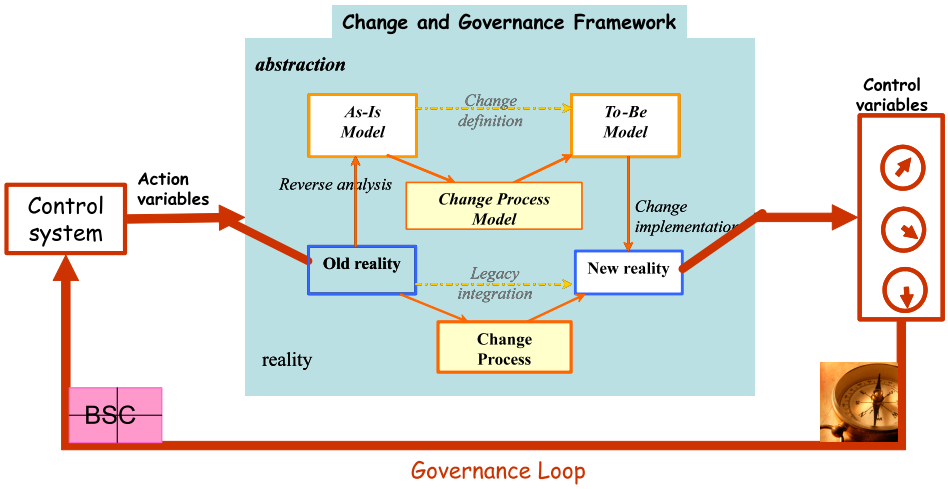

Figure 1- *Une vision de la dynamique du macro-processus de gouvernance* **[N08e]**

La gouvernance du système d'information (GSI) peut se définir comme la démarche à travers laquelle les professionnels des systèmes d'information, confrontés à un problème de décision ayant comme objet un système d'information, vont (i) définir et prioriser des objectifs pour les projets de système d'information en cohérence avec la stratégie de l'entreprise, et (ii) envisager des leviers d'action sur le portefeuille de projets en se basant sur des évaluations quantitatives qui pourront supporter des choix d'évolution argumentés [Claudepierre, 2010].

Ainsi, les orientations stratégiques et les objectifs qui sont assignés au système d'information seront progressivement atteints par la l'exécution des projets d'ingénierie de système d'information. Cependant, bien que l'objet 'système d'information' soit formalisé, représenté et implémenté depuis plus de 40 ans (au sens étroit d'abord et au sens large incluant les modèles d'entreprise plus récemment**)**, ***les mécanismes qui visent à évaluer ses performances en vue de guider ses orientations futures restent encore informels et ad hoc à ce jour***.

La gouvernance du système d'information (GSI) fait partie de la gouvernance d'entreprise. Bien évidemment, les activités liées à la gouvernance d'entreprise doivent aussi pouvoir être supportées par le système d'information de cette entreprise. En tant que chercheur en systèmes d'information, il m'est paru naturel de m'intéresser en premier lieu à cette composante de la gouvernance d'entreprise avec l'objectif de ***construire un système d'information pour la GSI***. *Ce travail a fait l'objet de la thèse de doctorat de Bruno Claudepierre* [Claudepierre, 2010], **[N09h]**, **[N08e]**, [N07e], [N07i].

La GSI ***orchestre et dirige les évolutions du système d'information en cohérence avec la stratégie de l'entreprise***. Le ***portefeuille de projets,*** *à construire* par tous les acteurs concernés (direction générale, directions métiers, direction du système d'information et utilisateurs) *afin de planifier et de maîtriser cette évolution,* est son instrument privilégié de la GSI. Sa mise en œuvre va aider la direction des systèmes d'information à ***conduire la transformation du système d'information*** en mettant chaque partie prenante en face de ses *responsabilités* et ses prérogatives pour les ***décisions à prendre*** concernant le système d'information. Ainsi les orientations stratégiques et les objectifs qui sont assignés au système d'information devront être progressivement atteints par la réalisation des projets du *portefeuille de projets*. Ce dernier n'est jamais un produit fini dans un environnement en mouvement, il est un *éclaireur plus qu'un contrôleur*.

5.1. Constats et motivations : nécessité d'arbitrer dans l'incertain

La GSI est vital pour la survie de l'entreprise. L'expérience de ces dix dernières années montre qu'une mauvaise gouvernance des systèmes d'information peut entrainer des dérives dangereuses pour l'entreprise comme des scandales financiers. La découverte des falsifications des informations financières a conduit à la faillite l'opérateur américain WorldCom (entre 2000 et 2002, l'entreprise

publie des comptes “gonflés” de plus de 11 milliards de dollar - Les Echos n° 19372 du 16 Mars 2005 page 11). Ce scandale a entrainé une dévaluation de l’action, des licenciements et la faillite la plus importante de l’histoire des Etats-Unis. L’impact a aussi été exogène puisque les marchés boursiers américains, puis mondiaux, ont connu des fluctuations boursières.

La structure organisationnelle de l’entreprise ainsi que sa stratégie sont des éléments contextuels que la GSI doit intégrer pour orienter les évolutions du système d’information en cohérence avec les besoins de l’entreprise et de son organisation. Comme nous l’avons développé au chapitre 4, l’architecture d’entreprise est un instrument, ou plus précisément un socle, pour maîtriser la complexité du fonctionnement d’une entreprise et son développement futur [Zachman, 2003]. Pour COBIT, une architecture d’entreprise bien définie est la base d’un bon environnement de contrôle interne [Lankhorst, 2009]. ITIL comporte l’ensemble de bonnes pratiques les plus largement adoptées dans le domaine d’offre de services informatiques [Noirault, 2008]. Il est complémentaire à COBIT dans la mesure où les objectifs de contrôle de haut niveau de COBIT peuvent être atteints par l’implémentation des bonnes pratiques d’ITIL. Une architecture d’entreprise clairement définie est alors essentielle pour ITIL puisqu’elle offre, aux responsables du système d’information, une vision claire des applications, de l’infrastructure informatique, des processus d’entreprise, ainsi que des nombreuses interdépendances entre ces éléments [Lankhorst, 2009].

En matière de GSI, la préoccupation est d'abord professionnelle. Chaque cadre de travail, comme COBIT, ITIL ou COSO, répond à un objectif particulier de la GSI et offre un recueil de bonnes pratiques actualisées régulièrement. Ainsi COSO (Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission) et COBIT semblent plus pertinents lorsqu’on cherche une démarche pour aider à minimiser les risques alors qu’ITIL est plus orienté vers la construction de portefeuille de projets IT et donc plus centré sur l’alignement. Chaque approche propose des processus et des bonnes pratiques pour la mise en œuvre des activités de la GSI. Les outils de support existent pour accompagner les activités de la gouvernance mais ils sont parcellaires, dédiés à une approche ou une situation particulière. Ainsi les systèmes d’information de support à la GSI existent partiellement, mais leur développement suit une logique fonctionnelle telle que notre discipline l’a précédemment connue dans les années 70 pour le développement d’applications en silos qui visaient à supporter des fonctions de support d’une entreprise. Les Directeurs de Système d’Information se posent fréquemment la question de l’adaptation des cadres de travail pour la GSI au contexte de leur entreprise ; cela donne lieu à la mise en place de projets de GSI. D’autre part, les nombreuses solutions technologiques et méthodologiques (systèmes GRC – *Governance Risk and Compliance*) émergentes pour le support à la GSI relèvent la question du choix de la meilleure solution outillée pour une situation de gouvernance donnée.

Plusieurs études statistiques confortent notre perception de la GSI et de la manière dont elle est mise en œuvre dans les entreprises. En 2003, les investissements en matière de TIC pour les entreprises, aux Etats-Unis et dans les pays industrialisés, représentaient 35% de leur investissement total (contre 19% en 1980) [Laudon et al., 2009]. Depuis, malgré la crise, les investissements sur les technologies de l’information progressent. En dépit de cette progression, certaines entreprises profitent mieux des résultats de l’utilisation des TIC que d’autres. Pourquoi ? La GSI (ou son absence, voire l’absence totale de gouvernance) en serait-elle responsable ?

Plus récemment, l’AFAI et le CIGREF ont publié une enquête [AFAI, 2006] sur la maturité de la GSI. Les entreprises sondées atteignent, en moyenne, le niveau 2 de maturité. Elles sont dans une phase d’identification des objectifs assignés au système d’information. L’enquête montre qu’une mauvaise maturité de la gouvernance du système d’information est fortement corrélée à un mauvais alignement des systèmes informatiques sur les processus métier. Dans 80% des cas étudiés, un plan informatique à moyen terme existe ainsi qu’un schéma cible du système d’information. En revanche, il n’a été élaborée avec les ‘métiers’ et validé par la direction générale que dans 50% des cas. Un comité d’orientation et de décision au niveau de la direction générale existe dans 70% des cas mais il se réunit à peine plus d’une fois par an et 75% des projets lui échappent. 50% des projets font l’objet d’un business case mais ils ne font que rarement référence aux processus métiers (25%) qui, le plus souvent, ne sont pas formalisés. Seules 13% des entreprises ont mis en place un tableau de

bord prospectif de type Balanced Scorecard. Seules 10% des entreprises utilisent des référentiels de type COBIT pour améliorer l'alignement 'stratégie d'entreprise/système d'information'. 50% des entreprises ont un score inférieur à 2 (début de mise en œuvre), en raison notamment d'une implication insuffisante des 'métiers', d'une faible proportion de business cases faisant référence à des processus métier, et d'une faible mise en œuvre d'outils de mesure (10%). La maîtrise financière des projets est limitée et seulement 10% des entreprises ont une politique de maîtrise des risques assistée par l'utilisation d'un référentiel spécialisé comme COBIT, ITIL ou ISO 17799.

5.2. Etat de l'art

La réflexion sur les outils, techniques et métriques de mesures des processus doit être menée dans une vision intégrée où les processus IT contribuent à la performance des processus métier. Cela rejoint la proposition de W. van Grembergen pour la construction d'un ensemble structuré de tableaux de bord pour la gouvernance métier/SI visant la mise en œuvre de l'alignement stratégique [van Grembergen, 2000] .

Atteindre l'état d'alignement et *créer de la valeur* sont des objectifs que se fixent les entreprises en matière de GSI. Maes *et al* proposent la définition suivante pour l'alignement métier/SI: "*the continuous process, involving management and design sub-processes, of consciously and coherently interrelating all components of the business – IT relationship in order to contribute to the organisation's performance over* time" [Maes et al., 2000]. Maes souligne qu'au niveau stratégique (domaine externe du modèle d'alignement stratégique, § 4.2.4.1), l'alignement traite essentiellement des décisions concernant le propos et les missions de l'entreprise, ses compétences et ses capacités ainsi que sa gouvernance [Maes, 1999].

Luftman et MacLean montrent que l'alignement entre le système d'information et les objectifs stratégiques de l'entreprise est une priorité des directions des systèmes d'information [Luftman et al., 2004]. Corteau et Bergeron mettent en évidence que l'alignement qui s'opère entre le système d'information et les processus métier permet d'améliorer la performance organisationnelle [Corteau et al., 2001]. Un système d'information correctement aligné avec les activités métier de l'entreprise est un levier pour la performance de l'organisation des processus d'entreprise et génère de la valeur. Plusieurs perspectives d'alignement stratégique entre les domaines externes (stratégie) et internes sont identifiées dans le Strategic Alignement Model ou SAM [Henderson et al., 1993] introduit à la section 4.2.4.1. Dans cette étude, la gouvernance IT et la gouvernance métier sont positionnées sur les domaines externes et sont des éléments clés pour l'alignement stratégique (Figure 2).

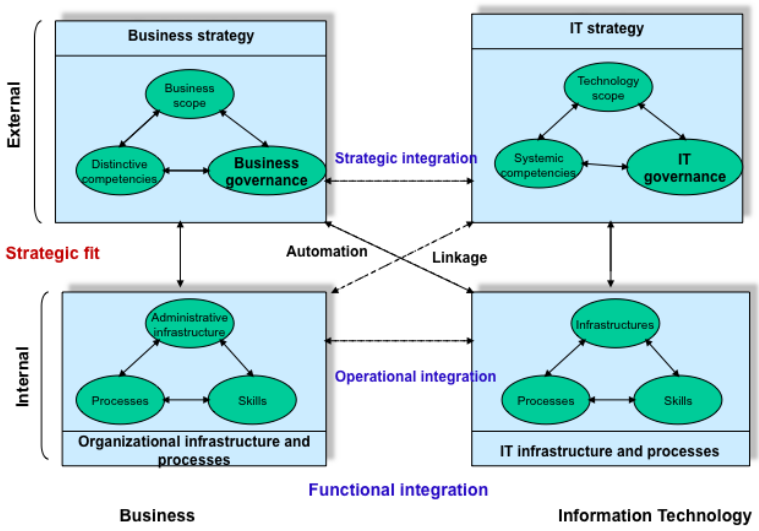

Figure 2- *La GSI dans le modèle d'alignement stratégique*

W. van Grembergen propose de considérer les processus IT essentiels pour la GSI autour d'un processus de contrôle (reporting) et d'un processus d'action pour la prise de décision [Van Grembergen, 2004]. La GSI est définie dans [van Grembergen, 2002] comme "*the organizational capacity exercised by the board, executive management and IT management to control the formulation and implementation of IT strategy and in this way ensure the fusion of business and IT*".

Ainsi un aspect essentiel de la GSI est l'alignement du système d'information aux processus et à la stratégie de l'entreprise, appelé souvent alignement stratégique. *Comment se positionnent l'alignement stratégique et la gouvernance des systèmes d'information ?*

La thèse de Bruno Claudepierre répond à cette question en proposant un cadre d'analyse pour la compréhension des mécanismes de pilotage et de gouvernance des systèmes d'information [Claudepierre, 2010/ER]. La démarche préconisée s'appuie sur les fondations de deux cadres de référence, respectivement pour l'alignement métier/SI [N07d], et pour la GSI [N07e]. La perspective de recherche qui est ouverte par ces travaux est d'éprouver et de positionner les démarches actuelles d'ingénierie des systèmes d'information par rapport aux exigences et au propos de la GSI. Nous avons par conséquent limité les facettes du cadre de référence pour décrire les aspects de la gouvernance les plus pertinents pour l'ingénierie des systèmes d'information.

Dans [**N08e**], nous avons présenté un cadre de référence intégré (basé sur les cadres de références spécifiques à l'alignement métier/SI [N07d] et à la GSI [N07e]) afin d'analyser et de comprendre les influences entre les caractéristiques d'une approche d'alignement métier/SI et celles d'une approche de GSI. Notre postulat était que les mécanismes d'alignement et les mécanismes de prises de décision pour la GSI se supportent mutuellement. Les résultats montrés dans les figures allant de *Figure 5 au Figure 12 dans l'article* [**N08e**] *joint au second document* (*post-it orange*) nous ont conforté dans cette position bien que nous n'ayons pas encore validé ces résultats par des études de terrain.

Le cadre de référence pour la GSI [N07e], [**N08e**], [**N09h**], [Claudepierre, 2010/ER] est présenté à la Figure 3 ; il exploite la structure en quatre mondes introduite à la section 4.2.2.1 :

- le monde du "sujet" présente la GSI comme l'objet d'analyse et identifie ses caractéristiques intrinsèques. La gouvernance y est décrite comme une structure organisationnelle pour toutes les prises de décision concernant les évolutions simultanées des projets système d'information, des processus métier et des processus liés au cycle de vie du système d'information.
- le monde de "l'usage" décrit le propos de la GSI et les objectifs de ses utilisateurs. En matière de gouvernance, les Directeurs de Système d'Information prennent des décisions avec pour objectif de limiter les risques, de créer de la valeur et d'atteindre un certain degré de performance.
- le monde du "système" contient l'ensemble des informations utiles aux activités de la GSI. C'est le socle informationnel pour les prises de décision. Il contient les éléments pour mesurer l'atteinte des objectifs de la GSI ainsi que l'ensemble des documents et modèles utiles au partage de la connaissance liée à la GSI.
- le monde du "développement" est constitué des processus de la GSI. Leur exécution efficace repose sur la manipulation des informations engrangées dans le système de GSI et permet d'atteindre les objectifs de la GSI.

Les quatre mondes sont en relation [N07e], [N07i] comme le montre la Figure 3. Le responsable de la GSI est positionné au centre des quatre mondes : il maîtrise l'environnement de la gouvernance et ses mécanismes (monde du sujet), se fixe un ensemble d'objectifs à accomplir et par conséquent est confronté à des prises de décision (monde de l'usage), exécute des processus IT pour y parvenir (monde du développement) et utilise des documents, modèles et métriques (monde du système).

Organisation de la gouvernance : Weill et Ross proposent d'analyser les comportements des directions de système d'information en les comparant aux archétypes de gouvernance étatique. Ils

décrivent ainsi l'organisation autour de la prise de décision [Weill et al., 2004]. La responsabilité décisionnelle centralisée est alors comparée à une monarchie et la prise de décision collaborative est comparée à une démocratie participative entre deux domaines (métier et système d'information). Cette structure de prise de décision est ensuite organisée autour d'une typologie de décisions et l'étude montre que les décisions d'investissement dans les nouvelles technologies sont du ressort des directions métiers, alors que les décisions plus techniques portant sur l'architecture et l'infrastructure du système sont du ressort de la Direction des Systèmes d'Information. De Haes et van Grembergen rejoignent l'idée que l'organisation des SI est structurée pour les prises de décision autour d'un comité où les rôles et responsabilités sont distribués [De Haes et al., 2005].

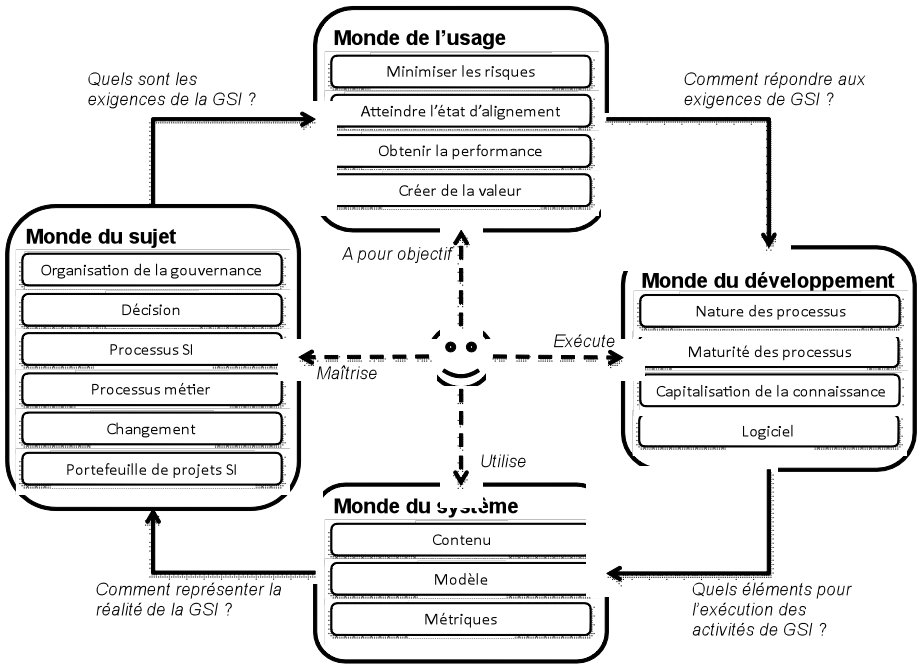

Figure 3- *Cadre de référence pour la gouvernance des systèmes d'information*

Décisions : Au niveau stratégique, la GSI nécessite l'identification des responsabilités pour les décisions et l'organisation du comité de direction. Les approches de GSI dirigées par les processus offrent une vision organisationnelle des projets informatiques. Elles décomposent l'organisation de la cellule IT sous la forme d'un ensemble de processus où les acteurs de l'entreprise jouent des rôles bien déterminés (directeur de système d'information, architecte de système d'information, responsable de programmes, …). Ces approches sont souvent accompagnées de cadres pour l'évaluation de la maturité des *processus IT* et proposent des corpus d'indicateurs et de métriques. L'IT Governance Institute (ITGI) propose un cadre d'évaluation des processus IT (COBIT). De plus en plus utilisé, ce cadre offre un ensemble de processus organisés par objectifs et liés à un corpus de métriques. Cette approche fait l'hypothèse qu'un processus accomplit un objectif mesurable. Dans la littérature, plusieurs chercheurs proposent d'abstraire des objets permettant de décrire le système de COBIT. Par exemple, ITOMAT (IT Organization Modeling and Assessment Tool) reprend les concepts clés de COBIT et propose un outil de modélisation et d'évaluation de l'organisation des systèmes d'information [Simonsson et al., 2008].

Les problématiques liées au *changement* organisationnel et à l'évolution des systèmes informatiques ont été largement discutées dans le chapitre 4.

Minimiser les risques : La mesure et le support à la décision sont deux objectifs opérationnels que se fixent les systèmes de gouvernance. Pour l'ingénierie de système d'information, les principaux risques sont liés aux coûts, aux délais et à la non conformité par rapport aux exigences souhaitées pour le futur système.

Plusieurs auteurs s'intéressent à la gestion et à la modélisation des risques dans le cadre du management de projets et de processus [Sienou et al., 2007], [Ben Zaïda et al., 2007]. Le changement est vu comme l'événement qui est à l'origine des risques financiers et techniques. Il convient alors de gérer l'impact sur les coûts et l'organisation des projets et des programmes. [Sienou et al., 2007] propose un modèle conceptuel du risque intégré pour l'ingénierie des systèmes. [Ben Zaïda et al., 2007] définit une typologie d'indicateurs permettant l'évaluation des projets de changement.

Les indicateurs forment la base des systèmes de support à la décision. Une méthode très répandue est le tableau de bord prospectif [Kaplan et al., 1996]. Kaplan et Norton suggèrent d'organiser les indicateurs suivant quatre axes : (i) la perspective financière, (ii) la perspective client, (iii) la perspective processus métier et (iv) la perspective évolution et apprentissage.

Dans [**N09h**], nous avons positionné quatre approches d'ingénierie de systèmes [Weill et al., 2004], [Sienou et al., 2007], [N07j], [Simonsson et al., 2008], qui intégraient des aspects décisionnels et/ou contrôle de risques, par rapport au cadre de référence montré à la Figure 3. Nous avons aussi pu appréhender, grâce à ce cadre, le fonctionnement de la GSI du point de vue de l'ingénierie des systèmes d'information et proposer une typologie des relations entre les attributs du cadre de référence. La relation d'existence [1] où la validité d'un attribut source implique l'existence de l'attribut cible. La relation d'implication [2] où la valeur connue d'un attribut source définit la valeur de l'attribut cible. La relation de support [3] où un attribut source renforce la satisfaction d'un attribut cible. Nous représentons ces types de relation par des symboles : E pour la relation d'existence, S pour la relation de support et => pour la relation d'implication.

Existe(Attr_src, Attr_cib) *[1]*

Attr_src = x => Attr_cib = y *[2]*

Supporte(Attr_src , Attr_cib) *[3]*

L'objectif d'*atteindre l'état d'alignement* conduit les responsables de la GSI à exiger le développement d'un système d'information qui contiendra (i) les indicateurs et métriques utiles à l'évaluation de l'état d'alignement, mais aussi (ii) les modèles qui permettent la représentation de cet état. Nous identifions un lien *d'implication* entre l'attribut ATTEINDRE L'ETAT D'ALIGNEMENT du monde de l'usage et les attributs CONTENU, METRIQUE et MODELE du monde du système. Les travaux de Sienou *et al* permettent le même type de déduction pour l'objectif de *minimiser les risques.* Dans le cadre de l'alignement des processus avec les objectifs stratégiques des entreprises, ces auteurs proposent une démarche d'intégration de la gestion des risques aux processus métier [Sienou et al., 2007] afin de limiter le risque de non-alignement. Cela nous amène à mentionner des liens *d'implication* entre l'attribut MINIMISER LES RISQUES et les attributs CONTENU, MODELE et METRIQUE du système (Figure 4).

			Système			
			14	15	16	17
			Contenu	Modèle	Métrique	Logiciel
Usage	6	Minimiser les risques	=>	=>	=>	
	7	Atteindre l'état d'alignement	=>	=>	=>	

Figure 4- *Identification des caractéristiques d'un système de GSI basé sur les objectifs*

Ainsi, les relations entre les attributs du cadre de référence mettent en évidence les impacts des objectifs des utilisateurs (monde de l'usage) et des processus de développement (monde du développement) sur la structure et le contenu du système. De la même manière, la capacité à prendre des DECISIONS pour la GSI nécessite la présence de METRIQUES dans le système (*voir Figure 3, de l'article* [**N09h**], *dans le chapitre 5* du second document, *post-it orange*).

Les changements qui impactent les processus métier ou les processus IT peuvent contraindre l'état d'alignement du système d'information avec la stratégie de l'entreprise. Le rôle de la gouvernance est de détecter l'état de non-alignement pour mettre en marche un processus de réalignement. A cette fin, il est nécessaire de disposer d'indicateurs de contrôle autorisant l'identification de cet état pour limiter les risques de non-alignement. La Figure 5 montre les liens de support entre les attributs CONTENU du système d'information qui contient les indicateurs et les attributs ATTEINDRE L'ETAT D'ALIGNEMENT, OBTENIR LA PERFORMANCE et MINIMISER LES RISQUES qui décrivent les objectifs de la GSI.

			Usage			
			6	7	8	9
			Minimiser les risques	Atteindre l'état d'alignement	Obtenir la performance	Créer de la valeur
Système	14	Contenu	S	S	S	
	15	Modèle		S		
	16	Métriques		S		
	17	Logiciel		S		S

Figure 5- *Le système comme support du suivi des objectifs de la GSI*

Le positionnement effectué montre que les approches actuelles de l'ingénierie des SI ne prennent pas en compte l'ensemble des exigences de la gouvernance pour la construction du SI. La thèse de B. Claudepierre présente aussi une étude comparative des approches de GSI (ou celles pouvant être utilisées avec ce propos) au regard de ce cadre de référence [Claudepierre, 2010/ER] :

- COBIT [Moisand, 2009] est un ensemble de recommandations et de processus permettant d'évaluer les ressources du SI. Il a pour objectif de guider les praticiens dans la mise en place des contrôles internes.
- COSO [Moeller, 2007] est une méthode de gestion de risques et vise à guider les praticiens dans l'identification des risques associés aux objectifs de rendement et de croissance.
- ITIL se positionne sur la gestion des services TI [Chamfrault, 2006]; il a pour objectif de guider, par les bonnes pratiques, les professionnels des SI dans la gestion efficace des ressources et l'obtention de la qualité des services informatiques.
- CMMi [Chrissis et al., 2008], [SEI, 2006] se positionne sur l'évaluation de la maturité des processus de gestion des projets. CMMi a pour objectif d'aider une organisation à optimiser l'efficacité et la qualité de ses processus. Il se compose des bonnes pratiques issues des modèles de maturité CMM- SE (ingénierie des systèmes), CMM-SW (ingénierie des logiciels), CMM-IPD (développement des produits) et CMM-SS (gestion des fournisseurs). Ces derniers modèles ont été progressivement proposés à partir de 1991.
- PMBOK (Project Management Body of Knowledge) [PMI, 2010] est le guide du Project Management Institute définissant les champs des connaissances utiles dans le cadre de la gestion de projet. Le Project Management Institute (PMI) publie le premier volume du PMBOK en 1987 comme une tentative de documenter et normaliser les informations et les pratiques de la gestion de projet.

Le tableau de l'annexe 2 (§ 8.2) présente les caractéristiques des cinq approches retenues. Lorsqu'une approche est pertinente sur toutes les valeurs d'une facette (mono-attribut), une étoile (*) est présente dans la cellule correspondante. Ainsi COSO et COBIT sont pertinents selon l'attribut MINIMISATION DES RISQUES. Lorsqu'un attribut n'est pas pertinent pour une approche, cela est mentionné par un tiret (-).

Le tableau montre que les approches ne sont pas complètes au regard du cadre. Les manques sont plus particulièrement flagrants pour les mondes de l'usage et du sujet. Cela s'explique sans doute

par le fait que les approches ont été produites dans l'objectif de répondre à un besoin spécifique de la gouvernance sans prendre en compte la totalité de ses aspects. Par exemple, COSO et COBIT sont dédiés au management des risques alors qu'ITIL est davantage centré sur l'alignement. L'approche la plus complète au regard du cadre est PMBOK. Cependant, les fonctionnalités sont partielles pour la GSI car l'approche PMBOK reste généraliste et centrée sur la gestion de projets. Les indicateurs et métriques par exemple ne sont pas pris en compte.

Nous noterons que toutes ces approches tentent de capitaliser la connaissance par explicitation et formalisation. C'est symptomatique des approches où la connaissance est 'dictée' sans pour autant envisager un enrichissement (comme dans la capitalisation de la connaissance par combinaison). Cela explique aussi la focalisation sur l'énoncé de bonnes pratiques.

5.3. Objectifs : "orchestrer, chorégraphier, improviser, innover" l'évolution du système d'information *versus* "planifier, contrôler, diriger, piloter"

Dans mes travaux sur l'architecture d'entreprise et l'alignement métier/SI, depuis 2005, je me suis intéressée plus fortement à l'aspect décisionnel présent dans toute évolution de système d'information et toute transformation d'entreprise [Claudepierre, 2006/ER]. Cette recherche a trouvé ses racines dans le constat que les ingénieurs construisent les systèmes d'information en utilisant des démarches et des techniques d'ingénierie et en prenant en considération les exigences des utilisateurs. Les exigences énoncées sont fonctionnelles et se sont étendues au fil du temps à des exigences non fonctionnelles dites 'de qualité' (sécurité, exactitude, pertinence, utilisabilité, ergonomie, …). A ma connaissance, les exigences ne concernent jamais la gouvernance du futur système d'information dans un environnement qui subit de plus en plus de violentes tempêtes (changements radicaux et récurrents). Lorsqu'un tel système d'information est mis en exploitation, les dirigeants, ressentant de plus en plus des besoins de pilotage et de gouvernance de leur entreprise en étant 'aidés' par le support du système d'information, souhaitent alors la création de tableaux de bord et 'demandent des mesures' à un système qui n'a pas été construit pour satisfaire cet objectif.

Mon objectif et ma perspective de recherche à moyen terme consistent à proposer des artéfacts et des démarches méthodologiques pour l'ingénierie des systèmes d'information supportant toutes les activités de l'entreprise, y compris celles de son management et de sa gouvernance. Comme nous le rappelle le survol de la littérature dans la section 3.2.1, les premières tentatives de modélisation des processus ont vu le jour dans le domaine d'ingénierie des systèmes d'information (processus opérationnels ou cœur de métier pour le secteur de l'informatique). Il n'était donc pas étonnant de vouloir démarrer cette étude en me focalisant sur la gouvernance de ce même 'objet SI' pour pouvoir appliquer ensuite les leçons tirées aux autres fonctions de gestion et aux processus de l'entreprise de nature opérationnelle.

Le cadre de référence de la GSI nous a permis d'observer qu'il n'existe pas à ce jour d'approche de la GSI couvrant l'ensemble des exigences de GSI. L'étude de cinq méthodes (COBIT, COSO, ITIL, CMMi, PMBOK) selon le cadre de référence de la GSI présenté dans la précédente section a mis en évidence les limitations des démarches spécifiques existantes basées sur les bonnes pratiques [Claudepierre, 2010/ER]. Bien que l'objet 'système d'information' soit formalisé et représenté sous de multiples perspectives, les mécanismes qui visent à évaluer ses performances en vue de guider ses orientations futures sont toujours informels à ce jour.

Or, le sujet est essentiel pour l'ingénierie des systèmes d'information. Une méthode dédiée à la construction d'un système d'information de support à la GSI doit envisager la construction d'un produit, l' *'objet SI'*, qui doit nécessairement manipuler des modèles de processus et des indicateurs, et permettre le suivi des performances des processus métier et IT. Nous soulignons ainsi la nécessité d'un apport académique à l'ingénierie des systèmes d'information afin de prendre en considération les exigences de GSI.

Les objectifs de la GSI consistent principalement à aligner les services offerts par le système d'information avec les objectifs métiers, à assurer la sécurité de l'information de l'entreprise. La GSI

revêt un intérêt capital pour les directions de système d'information mais aussi pour les dirigeants d'entreprise qui ont de plus en plus la volonté d'utiliser les systèmes d'information comme un avantage concurrentiel. La GSI vise à définir les objectifs assignés au système d'information, à planifier, définir et mettre en œuvre les processus liés au management du cycle de vie du système d'information. Ses activités reposent sur le contrôle et la mesure de la performance des processus d'ingénierie et de management au regard des objectifs qui sous-tendent l'usage qui est/sera fait du système d'information.

La GSI orchestre les évolutions du système d'information souhaitées par les métiers et en cohérence avec la stratégie de l'entreprise. Le ***portefeuille de projets****, à construire* par tous les acteurs concernés *afin de planifier et de maîtriser cette évolution,* est son instrument privilégié. La réalisation des projets de système d'information, priorisés dans ce portefeuille, va permettre à la direction des systèmes d'information de ***conduire la transformation du système d'information*** en mettant chaque partie prenante en face de ses *responsabilités* et ses prérogatives pour les ***décisions à prendre*** concernant le système d'information. Ainsi les orientations stratégiques et les objectifs qui sont assignés au système d'information seront progressivement atteints par la réalisation des projets de développement de système d'information.

L'objectif de construire un système d'information pour la gouvernance des systèmes d'information nous a conduit à formuler la question suivante : *Quelle conceptualisation de la gouvernance des SI pour la construction d'un système d'information de gouvernance ?*

Cette problématique adresse les problèmes énoncés ci-dessus. Elle est le reflet de la nécessité de : (i) comprendre le concept de GSI ; (ii) le modéliser et le formaliser ; (iii) comprendre le processus de la GSI ; et (iv) résoudre le double enjeu de la construction et de la maintenance de la GSI à travers le temps.

5.4. Résultats

La gouvernance des systèmes d'information (GSI) est une activité de pilotage des projets qui est dirigée par les buts, et dont la conduite est assurée par l'exécution d'un processus de décision. C'est ce constat qui nous permet d'envisager une représentation de la GSI comme un tout constitué d'un produit, décrivant le système de concepts qui sous tend la GSI, et d'un processus qui a pour objectif de faire évoluer le contexte de la GSI. *C'est dans cette double représentation que réside la première originalité de notre approche*.

La GSI est une démarche de pilotage des projets qui vise à atteindre une cible mouvante. En effet, dans la mesure où des changements en provenance de l'environnement externe ou interne de l'entreprise peuvent déplacer soit la cible à atteindre, soit la situation dans laquelle le projet se trouve, il serait vain d'espérer que la trajectoire du projet soit entièrement identique à celle planifiée au démarrage. En outre, tout système (ici celui du portefeuille de projets) peut être dirigé et mis sous contrôle à condition de savoir définir (i) les dispositifs permettant de mesurer si les objectifs qui lui ont été assignés sont atteints, et dans le cas contraire (ii) les leviers (variables) d'action pour corriger les écarts. Dans ce contexte, il semble plus particulièrement prometteur de miser sur un système de pilotage pouvant s'adapter et apprendre. Le système de pilotage doit donc disposer d'un organe lui permettant de mémoriser ce qui a été fait, et de raisonner sur ce qui reste à faire, ce qui est a priori inconnu, dans la mesure où tout nouvel événement non planifié (ou tout incident de parcours) pourrait changer la donne.

La gouvernance est donc avant tout une affaire de prise de décision dans l'incertain. La médiation des décisions à prendre et des actions qui en découlent est assurée par un comité de direction animé par la volonté d'avancer vers la cible assignée au projet ou au portefeuille de projets. Dans la mesure où cette cible est mouvante, et relative à la situation du projet, le comité est responsable de ses leviers d'actions correctives (ajustement) afin de garder le cap par vents et marées et atteindre la cible.

Les travaux de B. Claudepierre dans ce thème ont permis de développer deux modèles de référence : un pour les concepts de la GSI (REFGOUV), un pour les processus de la GSI (PROGOUV) [Claudepierre, 2010/ER]. L'objectif du modèle REFGOUV est de représenter la GSI comme une ontologie, un système

statique de concepts. REFGOUV intègre les notions de but, de projet SI, d'indicateur, de métrique et de décision, comme des concepts manipulés par les directions de système d'information, pour définir le cadre de la gouvernance des projets système d'information. *C'est la deuxième originalité de notre approche que de se munir d'un dispositif pour faciliter* la *capitalisation*, l'*apprentissage* et l'*adaptation*. REFGOUV a pour vocation d'être utilisé par des ingénieurs de systèmes d'information pour construire des systèmes d'information de support à la GSI. Le modèle REFGOUV est construit par conceptualisation basée sur l'observation et l'analyse de la littérature.

Nous appréhendons la GSI comme un mécanisme de contrôle et de régulation du portefeuille de projets système d'information. La nature du processus de gouvernance système d'information étant décisionnelle et intentionnelle, le méta-modèle de la Carte a été choisi pour exprimer le modèle PROGOUV. L'objectif du modèle PROGOUV est de représenter la démarche intentionnelle des gouvernants et des décideurs pour les systèmes d'information. Il représente la composante processus de la méthode de gouvernance des systèmes d'information.

5.4.1. Modèle de référence de la gouvernance du système d'information

Nous avons représenté le domaine de la GSI par l'intermédiaire de quatre notions fondamentales : but, projet, décision et mesure. La figure 6 présente le fragment 'MESURE' du REFGOUV. Les concepts liés aux mesures sont centraux dans REFGOUV. Pour plus d'information, voir [Claudepierre, 2010/ER].

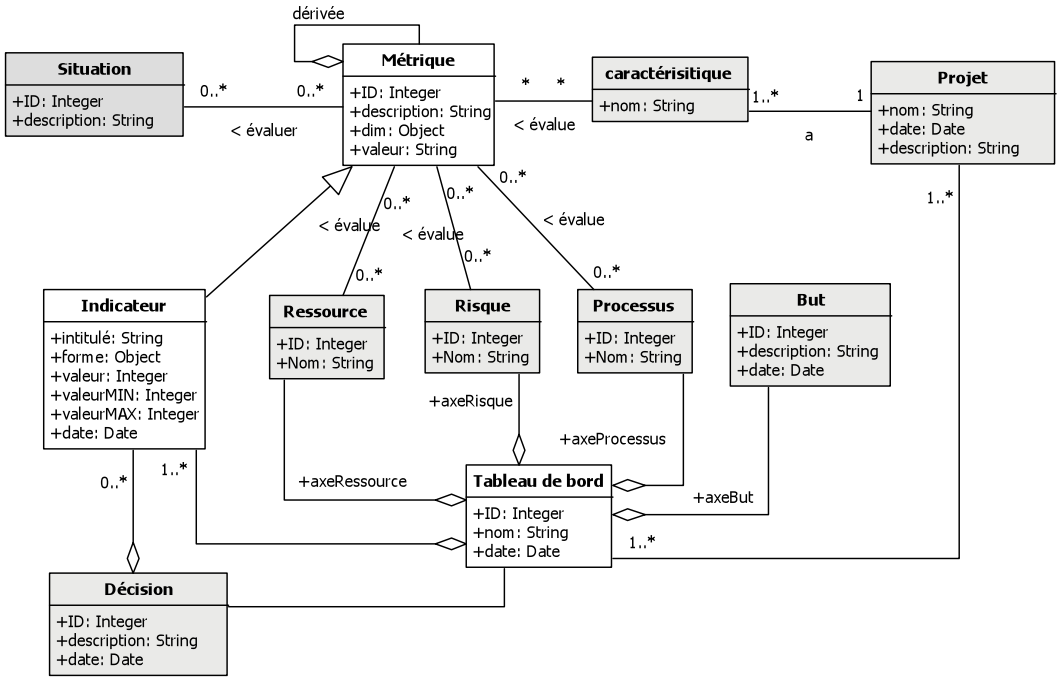

Figure 6- *Les concepts liés à la métrique dans REFGOUV*

Un tableau de bord dans REFGOUV se construit avec quatre associations entre le *tableau de bord* et les concepts *but*, *risque*, *processus* et *ressource*. Ce tableau de bord est ainsi représentatif des besoins des directions de système d'information de prouver, à travers la gestion des risques et des ressources et le pilotage des processus, la capacité du système d'information et des processus système d'information à soutenir (i) la création de valeur pour le métier et (ii) la performance de l'entreprise.

Nous considérons une situation particulière de décision pour la GSI comme le constat d'écart entre ce qui a été planifié (*situation prévue*) et ce qui a été effectivement réalisé (*situation générée*). Cela fait l'objet de la création d'un but *d'ajustement* dont l'objectif est de compenser l'écart. De manière plus générale REFGOUV prend en considération l'ensemble des objectifs de la gouvernance. Il permet

ainsi d'anticiper les spécifications d'un système d'information correctement architecturé et aligné avec les processus métier et les exigences de création de valeur, et de supporter les décisions d'ajustement qui font partie du lot commun de la GSI.

5.4.2. La démarche de la gouvernance du système d'information

Pour la suite, nous formulons le postulat qu'une bonne gouvernance des systèmes d'information s'appuie sur la connaissance capitalisée sur le système d'information existant, l'infrastructure (partie de l'architecture d'entreprise) et les projets. En fonction de cette connaissance, la GSI assigne des exigences et des priorités aux projets de développement du système d'information. Les décisions de réorientation de la gouvernance reposent alors sur l'analyse des écarts entre la performance prévue a priori et la performance mesurée a posteriori. Il est ainsi important d'introduire la notion d'aléa : la performance, c'est-à-dire la maturité des projets à aboutir en qualité, dans les délais et les budgets, est corrélée aux incertitudes avec lesquelles les projets vont devoir composer. Il est donc essentiel pour la GSI de mener en parallèle des activités de suivi et de contrôle, et des activités d'anticipation des événements perturbateurs pour l'ensemble des projets système d'information d'une entreprise. Les décisions génèrent des actions d'adaptation pour le système d'information, pour ses projets et pour les objectifs assignés à ces projets qu'il convient de capitaliser.

La Figure 7 montre la Carte globale de PROGOUV et met en perspective ses caractéristiques essentielles par les stratégies multiples qui visent à gouverner le système d'information.

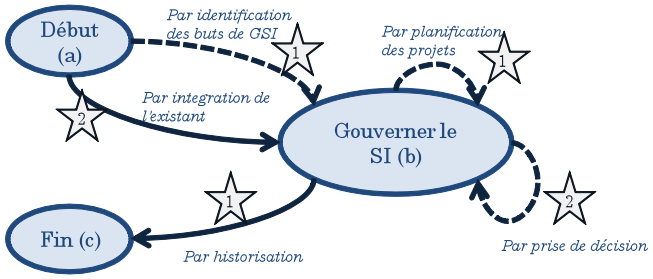

Figure 7- *Description de la Carte globale C*

La macro intention *Gouverner le système d'information* est l'objectif global que l'on souhaite atteindre. Quatre stratégies permettent d'accomplir cette intention :

- Par "identification des buts de GSI" : cette stratégie est utilisée pour élaborer les nouveaux buts que l'on assigne à la stratégie des systèmes d'information ;
- Par "intégration des buts existants" : cette stratégie est un complément à la première. Elle est utilisée dans la situation où l'on souhaite intégrer les buts d'un précédent plan stratégique pour le SI ;
- Par "planification des projets" : cette stratégie consiste en la planification et l'exécution des évolutions du système d'information. Le projet est le mécanisme par lequel les évolutions sont implémentées ;
- Par "prise de décision" : cette stratégie met en œuvre les mécanismes de mesures de l'accomplissement des projets dans le but de prendre une décision sur les actions à entreprendre dans le cadre de la GSI.

5.4.2.1. Orchestrer et chorégraphier: construire, exploiter et observer le portefeuille de projets

La CARTE $C.C_{bb1}$ montrée à la Figure 8 a pour objectif de planifier les projets de système d'information (autrement dit de constituer un portefeuille de projets) et d'en assurer la conduite et la réalisation. La CARTE $C.C_{bb1}$ comporte cinq intentions et dix-sept sections.

Nous identifions deux phases distinctes qui sont :

- *La planification des projets et des mesures*. Cette phase place l'identification des projets, leur structuration et leur contexte au sein d'un portefeuille de projets. La structuration d'un projet est assurée par la construction d'artéfacts qui forment le corps d'un projet (son *processus*, les *ressources* utilisées et produites et les *risques* générés par les activités du *projet*). L'identification des mesures se fait par dérivation des métriques à partir des buts en utilisant la méthode GQM (Goal Question Métrics). Les métriques peuvent être explorées par les artéfacts et permettre de construire des indicateurs pour des tableaux de bords
- *L'exécution des projets*. Cette phase met en œuvre la réalisation des projets (selon la planification définie dans le portefeuille de projets), qu'elle ait été créée lors du cycle de gouvernance en cours ou par un précédent (par reprise de planification). Un projet peut être exécuté suivant deux modes : par suivi, si un tableau de bord est fourni, ou sans suivi. A noter que l'exécution d'un projet peut engendrer des mesures à la volée et ainsi nécessiter de produire un tableau de bord du projet.

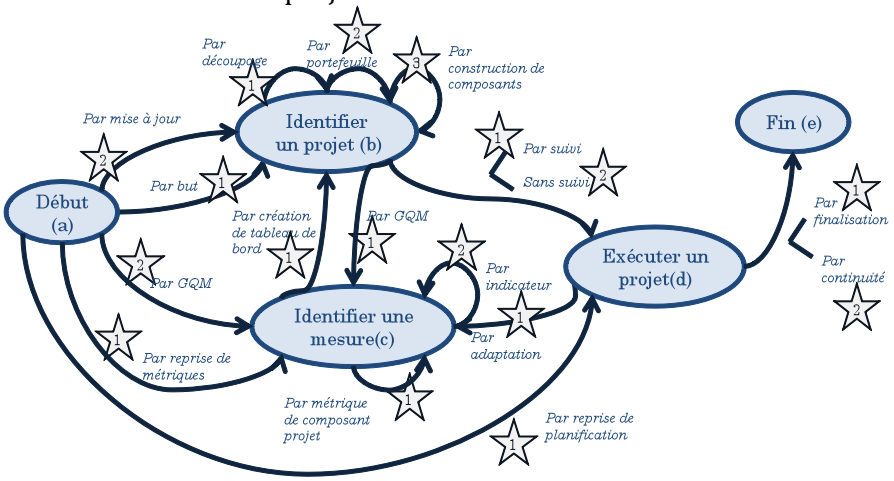

Figure 8- *Description de la CARTE C.C$_{bb1}$*

5 4.2.2. Improviser et innover pour rester en cohérence avec la stratégie d'entreprise: réagir aux aléas, réajuster, arbitrer

La CARTE C.C$_{bb2}$ montrée à la Figure 9 a pour objectif d'assurer la prise de décision pour orienter les objectifs et les projets à l'issue d'une phase d'analyse. La CARTE C.C$_{bb2}$ comporte quatre intentions et dix sections.

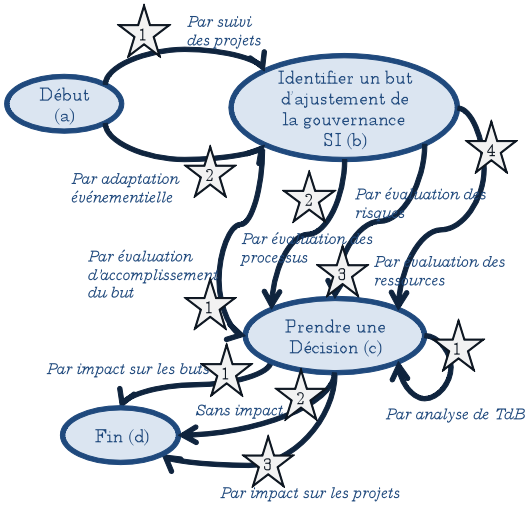

Figure 9- *Description de la CARTE C.C$_{bb2}$*

Nous identifions deux phases distinctes qui sont :

- *L'identification des buts d'ajustement de la gouvernance des systèmes d'information*. Lors de l'exécution des projets, des événements fortuits peuvent survenir et dévier le parcours planifié du projet. Ces événements peuvent être générés par les projets eux-mêmes (exemple : une ressource critique devient indisponible) ou par des facteurs externes (exemple : entrée en vigueur d'une nouvelle loi). Un but d'ajustement est identifié par suivi du projet dans le cas où le projet lui-même est générateur de l'événement fortuit. Un but d'ajustement est identifié par adaptation événementielle lorsque l'événement est généré par un facteur externe.
- *La prise de décision*. Cette phase présuppose avoir identifié un but d'ajustement qui est le propos de la décision. Par exemple l'entrée en vigueur d'une nouvelle loi force à identifier un but d'ajustement : vérifier le caractère réglementaire du système d'information. Le choix parmi un ensemble d'actions est l'aboutissement de la prise de décision, guidé par l'analyse de la situation des indicateurs (évaluations). Les actions peuvent avoir un impact sur les buts (exemple : créer le but de GSI 'Assurer la conformité réglementaire du système d'information'), avoir un impact sur les projets (exemple : créer un projet d'audit de conformité pour vérifier l'application de la nouvelle loi) ou encore n'avoir aucun impact (les décideurs ont la certitude qu'aucune action est pertinente au regard de la situation).

Le processus décisionnel décrit par la CARTE $C.C_{bb2}$ manipule l'ensemble des concepts montés à la Figure 10. Les apports principaux mis en évidence pour le méta-modèle REFGOUV concernent les concepts *Décision*, *Action* et *Ajustement*.

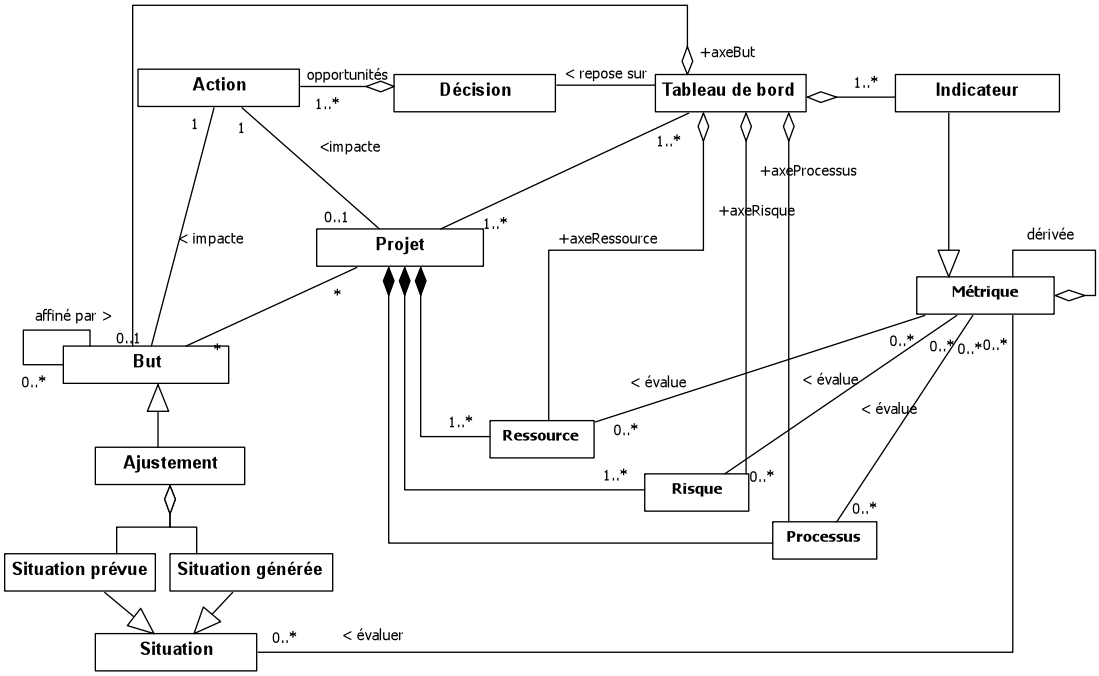

Figure 10- *Composant de produit associé à la CARTE $C.C_{bb2}$*

5.5. Conclusion

Les études ont montré que les besoins des professionnels en matière de gouvernance des systèmes d'information portent sur l'intégration plus aisée des cadres de bonnes pratiques aux situations particulières des entreprises. D'autre part, les recherches actuelles ne proposent pas de solution pour construire un système d'information correctement architecturé pour soutenir l'ensemble des activités de la GSI. L'analyse de la littérature vient appuyer ce constat et montre que la démarche d'implémentation des systèmes d'information de gouvernance est avant tout

fonctionnelle, et calquée sur un mode de résolution en silos. Ainsi la GSI n'est jamais perçue dans une vision globale pour pouvoir concevoir un système d'information de gouvernance. Notre proposition pour la conceptualisation de la GSI s'articule en quatre points [Claudepierre, 2010/ER]:

- une compréhension de la nature du processus de mise en œuvre de la GSI : (i) il est intentionnel, basé sur des évaluations quantitatives des écarts entre le planifié et l'observé ; (ii) il est décisionnel, on décide des changements à opérer et des actions à mener en réponse à des événements externes ou suite à une détection d'écarts.
- un modèle de référence de la GSI (REFGOUV), recensant les concepts manipulés dans le cadre des activités de gouvernance des systèmes d'information. Le méta-modèle est exprimé sous la forme d'un diagramme de classes UML visant à faciliter ainsi la conception d'un système d'information dédié à la GSI. La notion clé est celle de projet qui est mesuré quantitativement par des métriques et des indicateurs qui alimentent les tableaux de bord pour les décideurs.
- un modèle de processus de la GSI (PROGOUV) qui se veut générique. Ce modèle positionne une démarche de gouvernance des systèmes d'information, guidée par les objectifs, incluant les étapes de planification des projets, le suivi de leurs réalisations et les prises de décision s'y référant.
- une confrontation des concepts de REFGOUV avec ceux des cadres de GSI existants.

REFGOUV a fait l'objet d'une confrontation de ses concepts par rapport à ceux des standards COBIT, ITIL et COSO. Il ressort de cette étude que REFGOUV a la capacité, non seulement d'intégrer les concepts des cadres de bonnes pratiques, mais aussi de les étendre. La proposition permet de capitaliser la connaissance du domaine de la GSI et d'envisager la construction d'un système d'information dédié aux activités de gouvernance des systèmes d'information.

Chapitre 6.

Conclusion

6. Conclusion et Perspectives

Selon Robert Reix [Reix, 2004], *"informer c'est fournir des représentations pour résoudre des problèmes ou plus généralement pour prendre les décisions appropriées"*. En ce sens, un système d'information doit être capable d'engranger et de consommer (exécuter) ces représentations pour supporter ses usagers, les acteurs de l'entreprise, dans l'exercice de leurs métiers divers et variés, dans des situations toutes aussi variées de l'environnement interne et externe de l'entreprise.

Selon Gregory Bateson [Bateson, 1979], [Bateson, 1995], l'information est *"une différence qui produit une différence"*. La première différence est celle que l'on est capable de détecter, associée souvent à un signal. La seconde différence définit en quoi cette information perçue va modifier notre connaissance et nous permettre ainsi d'avancer dans la résolution de notre problème. Il est aisé de constater que l'information dépend aussi de la personne qui la reçoit, par la représentation que cette personne se donne de son domaine métier et du problème à résoudre.

Il me semble alors peu judicieux de vouloir (ou penser pouvoir) isoler, pendant sa construction, l'objet "système d'information" de son environnement d'exécution. Si le sens donné à l'information dépend de la personne qui la reçoit, ce sens ne peut être entièrement capturé dans le système technique. Il sera plutôt appréhendé comme une composante essentielle d'un système socio-technique incluant les usagers du système d'information technologisé, autrement dit, les acteurs agissant de l'entreprise. De mon point de vue, ce système socio-technique qui mérite l'intérêt scientifique de notre discipline est l'*entreprise*.

Modélisation de la connaissance d'entreprise comme pré réquisit à l'ingénierie des systèmes d'information

Les recherches que j'ai réalisées, animées ou supervisées depuis plus de 15 ans, et qui sont structurées en quatre thèmes dans ce document, visent à résoudre les problèmes liés aux ***contextes de l'usage*** (l'entreprise et son environnement) ***des systèmes d'information***.

Le point discriminant de ma recherche est l'intérêt que je porte à la capacité de représentation :

(i) de l'évolutivité et de la flexibilité des processus d'entreprise en particulier de ceux supportés par un système logiciel, d'un point de vue microscopique (modèle d'un processus) et macroscopique (représentation et configuration d'un réseau de processus) : *thème 2*

(ii) du système d'entreprise dans toutes ses dimensions (stratégie, organisation des processus, système d'information et changement) : *thème 3*

Pour composer avec ces motivations, il fallait :

(iii) s'intéresser à la nature même du travail coopératif et à l'intentionnalité des acteurs agissant afin d'identifier et/ou proposer des formalismes appropriés pour les décrire et les comprendre : *thème 1*

(iv) se questionner aussi sur les processus de management dont le rôle est de surveiller, mesurer, piloter l'entreprise afin de leur apporter le soutien qu'ils méritent du système d'information **[N09h]**: *genèse du thème 4*

6.1. Synthèse et perspectives par thème

Thème 1 : Travail coopératif et modélisation de workflow

Dans mes travaux sur le thème de travail coopératif, je me suis intéressée très tôt à l'***intégration*** des formalismes de représentation des activités de coopération de natures variées dans un même environnement de modélisation. Cela me semblait être un pré requis essentiel pour permettre la mise en œuvre (l'instanciation et l'exécution) des processus coopératifs de manière "sans couture" pour les acteurs impliqués. Dans ce thème, trois résultats ont été produits :

- une méthode adaptée à l'analyse du travail de groupe et plus particulièrement à l'analyse et la conception d'applications supportant des processus bien définis [N96a]; intégration de modèles orientés groupe dans cette méthode pour supporter des tâches collectives [**N98a**];
- un méta-modèle de processus coopératifs par extension (rôle, action de conversation, message) du méta-modèle de processus de NATURE [**N97b**], [**N98e**] ;
- un méta-modèle de synthèse pour la représentation de processus coopératifs intégrant des séquences de coordination bien structurées et d'autres tâches collectives ad hoc [N98b].

Retombées

- Le méta-modèle publié huit années plus tard dans [**N05b**], *et situé dans le thème 2 dans ce rapport,* trouve ses fondements dans ces travaux [N98b].
- Mes premiers travaux sur la modélisation de processus dirigée par les buts ont conduit au méta-modèle de processus coopératifs construit sous ce thème [**N97b**]. Le papier [**N98e**], *situé sous le thème 2 dans la bibliographie, forme le lien entre les thèmes 1, 2 et 3* (voir le tableau de synthèse des publications en page 8 du second document).
- Une extension de cette représentation, qui s'inspire des modèles d'argumentation, a été proposée dans [**N99a**] situé sous le thème 2.

Thème 2 : Modélisation déclarative et adaptative des processus d'entreprise

L'ingénierie des systèmes d'information a besoin de formalismes qui sachent répondre aux deux nouvelles exigences des deux dernières décennies en matière de modélisation des processus d'entreprise : *la mise en exergue du* ***pourquoi*** (*intention*) et *la* ***réactivité*** (*décision*) et l'***agilité*** face aux changements, si possible par anticipation. Quatre qualités des modèles (et méta-modèles) de processus d'entreprise ont retenu mon attention pour répondre à ces exigences :

- La ***modélisation intentionnelle*** des processus d'entreprise avant d'en donner une spécification organisationnelle et opérationnelle [**N98e**], [N04a], [**N05b**], [**N10a**]; la ***modélisation déclarative*** des processus qui semble être apte à capturer les logiques locales et en même temps plus agile face aux changements de part la granularité des définitions locales [**N05a**].
- La ***variabilité*** portée par les modèles de processus d'entreprise [**N06d**], [**N08c**]. La modélisation par les Cartes nous permet de capturer la *variabilité* à un niveau *intentionnel*. Nous devons ensuite zoomer sur les spécifications et les variantes au niveau organisationnel et opérationnel. L'enjeu est d'établir une relation étroite entre le "pourquoi" et le "quoi" ainsi que le "comment". Cette relation est primordiale pour conduire le changement organisationnel et pour propager les (souhaits de) changements institutionnels exprimés au niveau de l'exécutif

dans des transformations organisationnelles et opérationnelles que le management intermédiaire va devoir mettre en place sur le terrain. Je propose de capturer la *variabilité organisationnelle* en mettant ***l'acteur*** et le ***rôle*** au cœur de l'ingénierie des processus.

- La ***conscience du contexte*** semble essentielle pour sortir les processus d'une obligation d'exécution répétitive et routinière qui rend l'entreprise inapte à réagir aux évolutions de son environnement interne ou externe [**N06d**], [**N07f**], [**N08f**]. Nous avons proposé une formalisation de la notion de ***contexte*** intégrant les multiples aspects qui peuvent caractériser non seulement un processus d'entreprise, mais aussi, les acteurs du processus et l'environnement dans lequel le processus s'exécute.
- Le lissage de la charge de travail de l'acteur ; la conscience du contexte permettra de supporter les allocations de travail plus adéquates pour assurer la ***dynamicité*** et la ***configurabilité*** d'un *réseau de processus articulés* afin d'accomplir les objectifs de l'entreprise [**N09d**], [N10j], **[N12g]**. Cela nous ramène à la notion d'*élasticité des modèles* introduite à la section 1.6. L'objectif ultime est de faire opérer et co-opérer le système (réseau) de processus d'entreprise avec une performance optimale ; cet objectif ne peut être atteint sans assurer l'agilité du système de processus.

Perspectives

1. Offrir aux processus une conscience du contexte en mode push. Cela nécessite que les *indicateurs* appropriés soient identifiés a priori (un peu comme les événements internes de Rémora ou les capteurs virtuels ou logiques d'Indulska, voir § 3.2.4.4) et implémentés dans le système d'information technologisé.
2. Continuer les travaux sur la charge de travail des acteurs qui reste l'un des défis majeurs dans le domaine de modélisation des processus. En effet, la modélisation des processus comme un "enchaînement de tâches", sans estimation de la ressource disponible par rapport à la charge entrante conduit à empiler des processus parallèles sur des ressources, en considérant que ces dernières seront toujours disponibles. L'accès concurrent de plusieurs instances de processus sur une même ressource n'est ni traité ni modélisé. La responsabilité d'arbitrage entre les activités est reportée sur les acteurs qui doivent réaliser ces activités.
3. Extrapoler les résultats obtenus dans les publications récentes [N12c], [N12f], **[N12g]**, *[N12h]* pour les processus dits scientifiques (les exécutants sont des agents logiciels) et qui ont la particularité de s'exécuter sur le Cloud, à des processus d'entreprise dans lesquels les ressources qui exécutent les tâches sont des acteurs humains.
4. Dans le cadre des travaux liés à ce thème, j'ai initié une étude empirique auprès de plusieurs groupes d'étudiants, de niveau bac+5 pendant un cours de modélisation de processus (MIAGE et école d'ingénieur), et sur au moins deux années scolaires, avec pour objectifs de: (i) faire une première validation des valeurs estimées (basées sur jugement d'expert) de l'importance des patterns de workflow au regard des quatre types de processus (production, administratif, collaboratif et ad hoc) [N08h], [**N08f**]; (ii) identifier les facteurs qui ajoutent des biais dans la modélisation de processus. Cette étude n'a pas abouti ; cependant mon souhait de creuser le sujet reste intact.
5. Afin de résoudre les problèmes liés à la flexibilité d'une manière plus générique, reprendre les travaux initiés sur la configuration de méta-modèles de processus dans [N08g] et chercher à définir et à réutiliser des variantes de méta-modèles, toutes basées sur la brique de base qu'est le "rôle", pour rendre possible une modélisation situationnelle des processus d'entreprise. On pourrait à terme envisager que les formalismes de représentation puissent se construire à la volée afin de fournir les artéfacts les plus appropriés au gré des dimensions, des objets, des sujets et des perspectives de modélisation (voir § 1.4) ; le cadre de benchmarking défini dans [**N07a**] pourrait enrichir à cette ouverture.

6. Pendant mes travaux d'animation de l'atelier BPMS2, nous avons identifié trois enjeux du BPM pour lesquels les applications sociales peuvent apporter des leviers de résolution : (i) le fossé entre les modèles et la réalité ; (ii) le manque de compréhension entre ceux qui modélisent et les acteurs qui exécutent; (iii) le manque de feedback pour améliorer les modèles de processus qui conduit à une déviation grandissante dans le temps entre le modèle et la réalité et à la création de modèles locaux. Ces travaux ont été présentés dans [**N09b**] et [**N10g**] qui sont mes deux papiers les plus cités depuis 2009. Je souhaite continuer d'étudier les apports potentiels des applications communautaires (social software), qui sont des versions avancées des CSCW (thème 1), au management et à l'ingénierie des processus d'entreprise, plus précisément à l'agilité à la fois (i) des processus d'entreprise (thème 2) et (ii) des processus d'ingénierie qui produisent les modèles de processus d'entreprise (thème 4). D'une manière générale, mes travaux sur la variabilité et la flexibilité des processus apportent des solutions à ces deux types de processus. SOFTWARE PROCESSES ARE BUSINESS PROCESSES TOO.

Thème 3 : Des processus métier à la modélisation d'entreprise

Mes recherches m'ont conduit à m'intéresser aux multiples dimensions et perspectives de représentation des entreprises avec comme finalité de construire des systèmes d'information aptes à évoluer en phase avec les stratégies des entreprises qu'ils supportent. Cela nécessitait de (i) mettre en œuvre une modélisation du système d'information intégrant les contextes de ses usages, et pour ce faire, de (ii) situer la modélisation du système d'information au cœur de la modélisation d'entreprise.

Le processus de modélisation de la connaissance d'entreprise est par définition *coopératif et participatif*. Il promeut la coproduction des modèles d'entreprise par l'application d'un mécanisme de *raisonnement orienté décision*. Le guidage méthodologique proposé [N97a] peut être indépendant du domaine métier (basé sur un référentiel de patrons de design en situation de coproduction) ou spécifique au domaine métier (basé un référentiel de bonnes pratiques capitalisés sous formes de patrons par exemple) [**N98e**], [**N99a**], [**N00b**].

Trois leviers ont particulièrement retenu mon attention : la ***cohérence*** inter-modèles, la capacité à intégrer la dimension ***changement*** dans les représentations, et la ***capitalisation*** des connaissances.

- La ***cohérence*** inter-modèles (alignement inter-dimensions et inter-perspectives) est basée sur quatre méta-modèles d'entreprise interconnectés offerts par la méthode EKD-CMM ; l'obtention de la cohérence dépend du respect de la sémantique de ces méta-modèles pendant la construction des modèles d'entreprise [97h], [**N03a**], [**N04b**], [N04a], [**N05b**]; *les deux papiers* [N04a] *classé sous le thème 3 et* [**N05b**] *classé sous le thème 3 explicitent les liens entre les thèmes 2 et 3* ;
- Le maintien de la cohérence inter-modèles se fait dans un contexte de ***changement*** touchant l'entreprise dans l'une ou plusieurs de ses dimensions, on parle alors de *co-évolution ;* les travaux que j'ai réalisés et animés (EKD-CMM + DEEVA) couvrent toute la phase de définition du changement sur les quatre dimensions de la modélisation d'entreprise [N99b], [**N02b**], [**N03a**];
- L'état de l'art comparatif réalisé, jusqu'en 2007 en collaboration avec J. Barrios, sur vingt deux méthodes de changement, montre la nécessité de méthodes participatives et orientées vers la ***capitalisation*** *des connaissances* et la construction d'une *mémoire organisationnelle* ; dans le cadre du projet ELEKTRA, nous avons exploité le concept de *patron* afin de permettre la capitalisation et la dissémination de la connaissance [**N98f**], [N98g].

Perspectives

1. Définir (i) des règles de vérification des modèles d'entreprise et (ii) des règles de transformation (de type MDA) entre les modèles appartenant à des perspectives ou

dimensions différentes, pour faciliter la construction des modèles d'entreprise par transformation ou par une aide au raisonnement.

2. Afin de définir les liens d'alignement entre les concepts des modèles intentionnel et opérationnel, DEEVA met la notion d'objet au cœur de la définition de ces liens (§ 4.4.5.1.2), comme suggéré dans nos travaux antérieurs [N03b], [**N04b**]. Le modèle d'objets constitue, de mon point de vue, le lien central entre le métier et le système d'information qui le supporte. Dans le cadre de la thèse de I. Gmati, nous n'avons exploité que les propriétés structurelles de l'objet (et non sa dynamique, son cycle de vie) ; il reste par conséquent des perspectives d'ouverture pour ce travail par l'exploitation des stimuli de l'environnement sur l'objet, autrement dit l'événement).
3. Exploiter le tableau de bord prospectif (Balanced ScoreCard) afin d'identifier les objectifs stratégiques (et indicateurs correspondants) liés à l'apprentissage organisationnel ; Expliciter les liens/corrélations de ces objectifs stratégiques situés dans le quadrant apprentissage avec les objectifs stratégiques liés aux processus internes (qui correspondent à nos processus d'entreprise).
4. Comme nous l'avons souligné à la section 3.2.4.1, lorsque l'objet de l'étude est un *système de processus d'entreprise* supportés par des systèmes logiciels, les buts de l'entreprise sont les objectifs à accomplir par la mise en œuvre de ce système (réseau) de processus. De la même manière que les buts guident la construction d'un système logiciel en ingénierie des exigences, ils peuvent guider la compréhension et la modélisation des processus d'entreprise, et les choix possibles quant aux organisations possibles du système de processus. L'élicitation des buts est une activité clé pour comprendre si les activités métiers ainsi réalisées sont réellement en concordance avec la stratégie de l'entreprise [Kueng et al. 1997], [**N98e**], [**N05a**], [**N05b**], [Koliadis et al., 2006], [Andersson et al., 2007], [Markovic et al, 2008], [Cardoso et al, 2011]. Dans [**N98d**] (thème 2, § 3.4.1), nous avions défini une approche systématique et guidée pour spécifier les processus d'entreprise à un niveau organisationnel (interactions entre les individus), et opérationnel (interactions H/M). L'approche permet la définition de scénarii pour chaque cas d'utilisation (normaux et exceptionnels) sous une forme narrative structurée. La définition des scénarii est guidée par une grammaire des cas et des directives qui supportent la rédaction des scénarii. N'ayant pas encore entamé ma réflexion sur les problématiques liées à la modélisation et management des processus d'entreprise à cette période, les notions d'acteurs et de rôle n'avaient pas eu la part belle dans ce travail. En revanche, considérer les processus comme des scénarii du système d'entreprise et utiliser le mécanisme exploité dans ce papier pour identifier des buts manquants, donc des processus manquants dans le réseau de processus, me semble être une piste de recherche prometteuse. Il en va de même de l'exploitation du cycle de vie des objets métiers manipulés comme une demande en attente ou le bac à papier vide (perspective 2 de ce thème ci-dessus).
5. Dans la section 4.2.1, j'ai brièvement introduit une catégorie d'approche de représentation que j'ai relativement peu explorée dans mes recherches au bénéfice des approches de modélisation d'entreprise telles que [Bubenko, 1994], [N97h], [Eriksson et al., 2000], [Barrios, 2001/ER], [Zachman, 2003], [**N03a**], [**N04b**]. Les approches de la première catégorie permettent de représenter une entreprise comme un ensemble d'éléments reliés qui satisfont, de manière collective, des objectifs communs. Parmi les approches systémiques les plus utilisées pour modéliser les entreprises, nous avions identifié (§ 4.2.1), pendant les travaux de thèse de J. Barrios, les méthodologies SSM (Soft Systems Methodology), VSM (Viable System Model), SD (System Dynamics) et TSI (Total Systems Intervention). Par exemple, *Viable System Model* [Espejo et al., 1989] permet de modéliser une entreprise comme un ensemble de sous-systèmes représentant respectivement les aspects concernant les opérations, la coordination, le contrôle, l'intelligence et la politique

de l'entreprise. Dix années et quelques travaux de recherche[46] plus tard, j'ai le souhait de revenir sur quelques unes de ces approches, notamment la dynamique des systèmes qui me semble avoir un fort potentiel pour aider à identifier des leviers d'amélioration dans le fonctionnement, la configuration et la performance d'un réseau de processus d'entreprise.

Thème 4 : Vers la gouvernance du système d'information

Mes travaux sur le changement organisationnel m'avaient conduit à raisonner sur le processus de changement à la fin des années 90. Le fait est que pour pouvoir proposer des scenarii de changement il faudrait déjà pouvoir être conscient de ce qui fonctionne mal dans l'état actuel de l'entreprise. Pour ce faire, les processus dits de management (§ 3.2.1.3) ainsi que le support que le système d'information se doit de leur apporter sont essentiels. Les processus de management contribuent à la détermination, à l'élaboration de la politique et au déploiement des objectifs dans l'entreprise. Ils définissent les fils conducteurs des processus d'entreprise opérationnels et de soutien, ils les pilotent, les surveillent, les mesurent, les modifient ou les remplacent si nécessaire. Ces processus peuvent intégrer la planification stratégique, le pilotage de l'amélioration continue, le management de la qualité, l'innovation, *la gouvernance d'entreprise, la gouvernance des systèmes d'information*.

La gouvernance du système d'information (GSI) fait partie de la gouvernance d'entreprise. Bien évidemment, les activités liées à la gouvernance d'entreprise doivent aussi pouvoir être supportées par le système d'information de cette entreprise. En tant que chercheur en systèmes d'information, il m'est paru naturel de m'intéresser en premier lieu à cette composante de la gouvernance d'entreprise avec l'objectif de construire un système d'information pour la GSI. J'ai entamé mes travaux sur ce thème en proposant son mémoire de master à B. Claudepierre [Claudepierre, 2006/ER]. La thèse soutenue en 2010 [Claudepierre, 2010/ER] est le premier jalon dans ce thème qui constitue la partie la plus récente de mes travaux de recherche **[N09h]**, **[N08e]**, [N07e]. Nous avons considéré deux challenges pendant ces travaux en considérant le portefeuille de projets comme un éclaireur de la stratégie d'entreprise plutôt que comme un carcan rigide[47]:

- ***Construire, exploiter*** et observer (mesurer) le ***portefeuille de projets*** en cohérence avec les objectifs stratégiques : Orchestrer et chorégraphier le portefeuille ;
- *Conduire la transformation du système d'information*, ***Réagir aux aléas, réajuster, arbitrer*** : Improviser et innover pendant l'exécution du portefeuille pour rester en cohérence avec la stratégie d'entreprise.

Perspectives

1. Appliquées sur un SI déployé et en usage en entreprise, les méthodes de 'IT gouvernance' permettent de définir des indicateurs pour le contrôle et le pilotage du système d'information. Que peuvent-elles nous apprendre afin que ces indicateurs puissent être identifiés le plus en amont possible dans le cycle de vie du système d'information, au service des processus de management, pour contrôler et piloter les processus d'entreprise? (voir perspective 1 du thème 2)
2. Qu'est-ce que les méthodes et cadres d'amélioration de processus (Lean, Six Sigma, Scampi, CMMI, etc..) pourraient apporter à l'ingénierie et à l'architecture d'entreprise et des systèmes d'information? Peut-on faire en sorte que ces 'démarches' vues plutôt comme des démarches de contrôle et d'amélioration de processus métier puissent nous permettre d'améliorer nos processus d'ingénierie des systèmes d'entreprise ? La thèse de

[46] alignement métier/SI, co-évolution métier/SI, variabilité des processus d'entreprise et configurabilité du réseau des processus d'entreprise, gouvernance du système d'information

[47] A terme, je souhaite exploiter la capacité du portefeuille de projets pour être un levier au service du management stratégique (lien 1_{IT} de la Figure 7) qui doit assurer l'alignement du domaine interne de l'IT avec la stratégie IT ; ce lien reste très implicite, voire pas exploité à ce jour, dans nos travaux.

P. Pétine s'attachera à identifier l'apport de Lean Management aux processus d'ingénierie et de gouvernance des systèmes d'information.

3. Le Balanced ScoreCard [Kaplan et al., 1996], outil de pilotage, suggère d'observer une entreprise selon quatre perspectives et de développer des métriques et de collecter des données relatives à chacune de ces perspectives. Il s'agit des perspectives "processus internes", "client", "financier" et "apprentissage organisationnel et croissance". Comment ce système de gestion et de mesure peut compléter, voire améliorer, notre vision et compréhension de l'entreprise ? Les cartes de processus que nous construisons dans la dimension "*stratégie*" de l'architecture d'entreprise semblent correspondre à la perspective "processus internes" de BSC. Comment prendre en compte les autres perspectives ? La thèse de L. Jeannerot décortiquera les stratégies d'entreprise, portées par l'usage des systèmes d'information, et façonnées par la stratégie IT, comme leviers de transformation et de création de valeur tangible, afin de raisonner sur le lien d'alignement 2_{EXT} (très peu exploité à ce jour dans nos travaux) et pour enrichir les liens 1_{DOM} et 1_{IT}. Il reste à définir des artéfacts appropriés et mesurables pour conduire ce raisonnement.

6.2. Contributions des travaux par thème à la visibilité des recherches

Les dix neuf papiers qui participent à mon h-index (Figures 1, 2, 3) ainsi que la totalité de ma production de recherche depuis 1995 hors publications éditoriales (Figures 4, 5) sont catégorisés par thème dans cette sous-section. L'objectif est de donner une synthèse quantifiée de ma production de recherche. Le lecteur trouvera une bibliographie par thème dans le second document (*production et animation de recherche*) dans les sous-sections allant de 1.1.2 à 1.1.5.

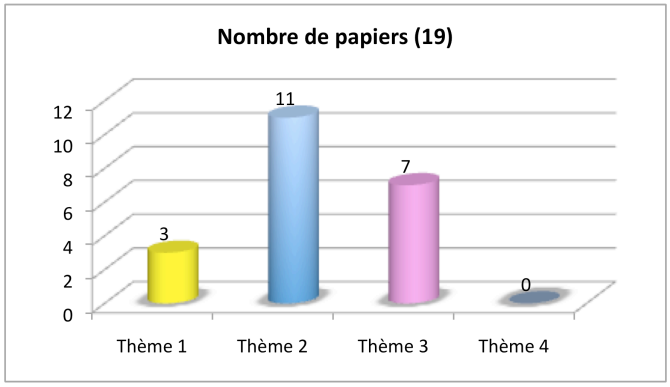

Figure 1 – *Nombre de papiers impactant par thème (sur 19)*

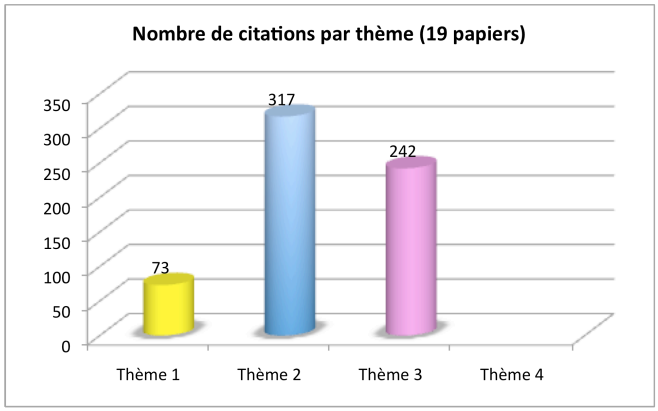

Figure 2 – *Nombre total de citations/thème*

La Table 2 de la page 43 du second document montre mes papiers les plus cités, dont les dix neuf impactant. Cette table utilise le même code couleur que celui la table de synthèse de la section 1.1.1 et des post-it qui marquent la séparation des articles joints par thème.

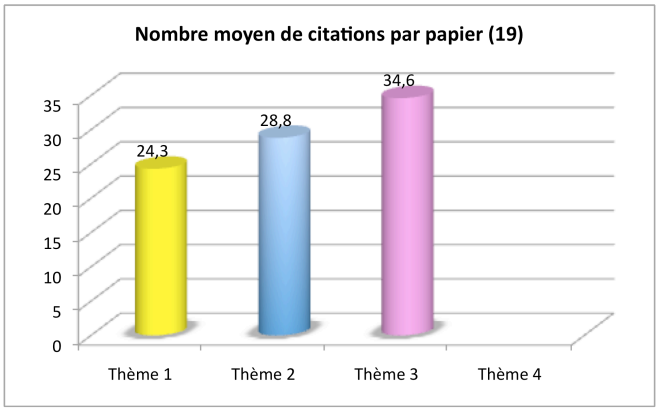

Figure 3 – *Nombre moyen de citations/papier dans chaque thème*

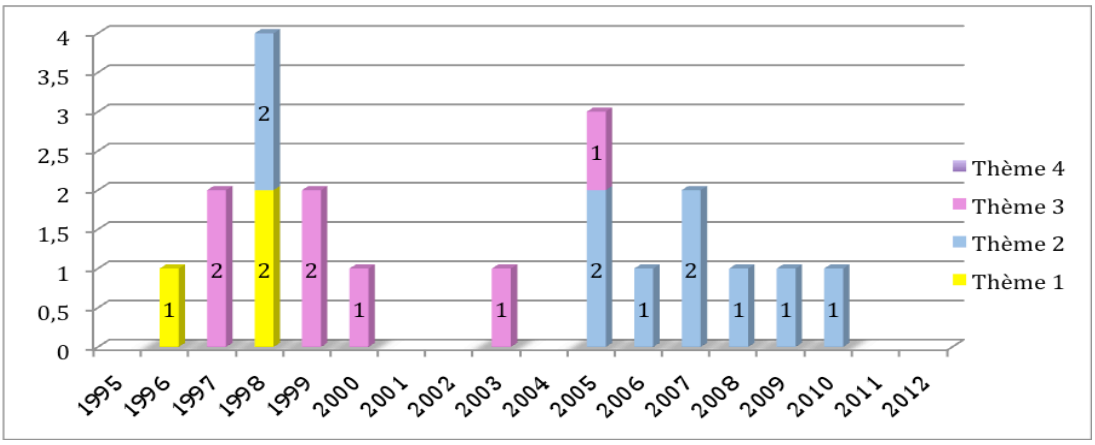

Figure 4 – *Nombre de papiers impactant par année et par thème*

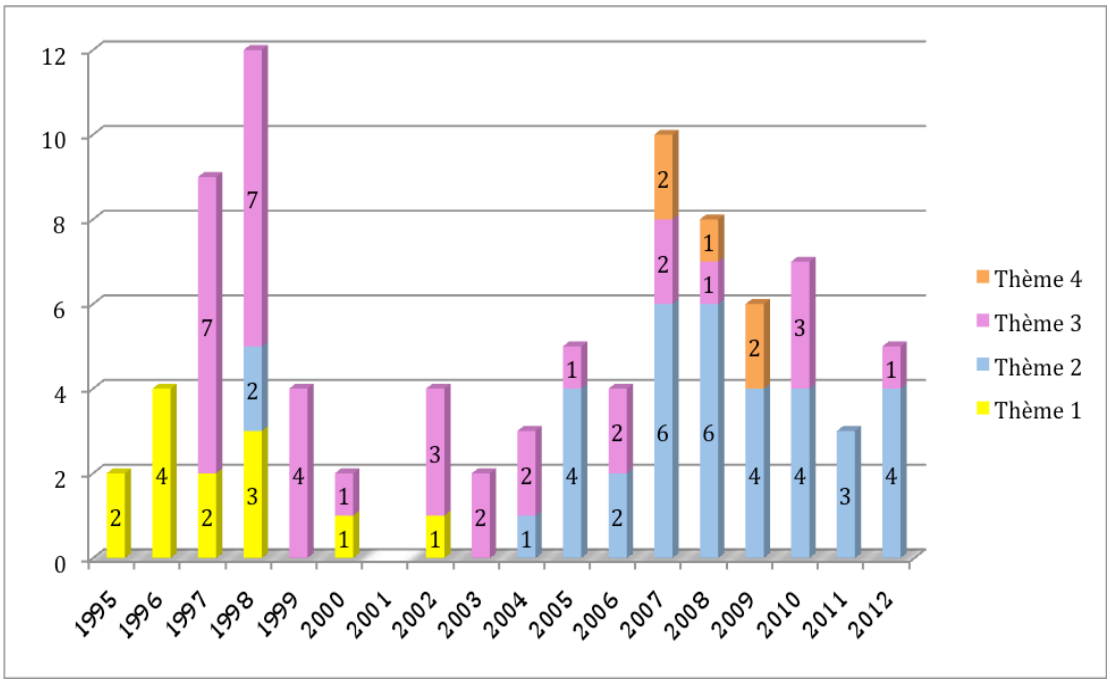

Figure 5 – *Nombre de papiers par année et par thème (hors production éditoriale)*

6.3. Réflexions sur l'ensemble des travaux et sur le parcours

Le cadre de référence des quatre mondes, initialement utilisé pour l'ingénierie des systèmes [Jarke et al., 1992b], a prouvé son efficacité dans l'amélioration de la compréhension de nombreuses disciplines de l'ingénierie, comme l'ingénierie des besoins [Jarke et al., 1993], l'ingénierie des méthodes [Rolland, 1997] et l'ingénierie des processus [Rolland, 1998], [Si-Said, 1999]. Dans les travaux de recherche que j'ai conduits et animés, nous avons aussi eu recours à ce socle pour étudier les approches de gestion de changement (§ 4.2.2) et les approches de gouvernance de systèmes d'information (§ 5.2). Dans la version originale du cadre pour l'ingénierie des systèmes d'information (Figure 6), le monde du *Sujet* contient la connaissance du domaine à propos duquel le système doit fournir des informations. Le monde du *Système* comporte des représentations du monde du Sujet. Le monde de l'*Usage* décrit l'environnement organisationnel du système, les activités des acteurs, la manière dont le système est/sera utilisé, les partie prenantes et utilisateurs du système ; ce monde traite des aspects intentionnels du système à construire. Le monde du *Développement* décrit les processus d'ingénierie qui permettent de construire le système, et qui nécessitent la compréhension de la connaissance contenue dans les trois autres mondes ainsi que la représentation de cette connaissance.

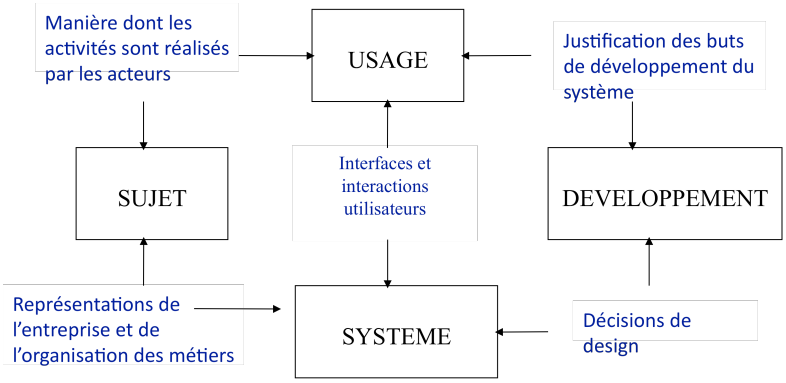

Figure 6 – *Cadre de référence pour l'ingénierie des systèmes d'information [Jarke et al., 1992b]*

Le propos d'un système d'information est d'aider l'entreprise à atteindre ses objectifs. Le système d'information doit donc être 'en ligne', en adéquation, en cohérence avec le métier qu'il contribue à rendre plus efficace et plus efficient. La question de l'alignement du système d'information au modèle métier de l'entreprise qu'il sert se trouve donc au cœur de l'ingénierie des systèmes d'information. Mes travaux visent à compléter ce cadre de référence pour l'ingénierie des systèmes d'information afin de prendre en considération les exigences des parties prenantes concernant l'alignement métier/SI, la co-évolution métier/SI, la gouvernance du système d'information et la gouvernance de l'entreprise. Je m'intéresse plus particulièrement au monde de l'usage en vue de prendre en considération des objectifs d'alignement, de gouvernance, de performance et d'évolution des entreprises modernes sujettes à des courants de changement de plus en plus forts et fréquents.

Nous pouvons avoir une lecture complémentaire de ce cadre de référence (Figure 8) en nous situant par rapport au modèle d'alignement stratégique de Henderson et Venkatraman [Henderson et al., 1993]. La Figure 7 commente le modèle SAM au regard de mon propos, *l'ingénierie et l'architecture de l'entreprise et de son système d'information*.

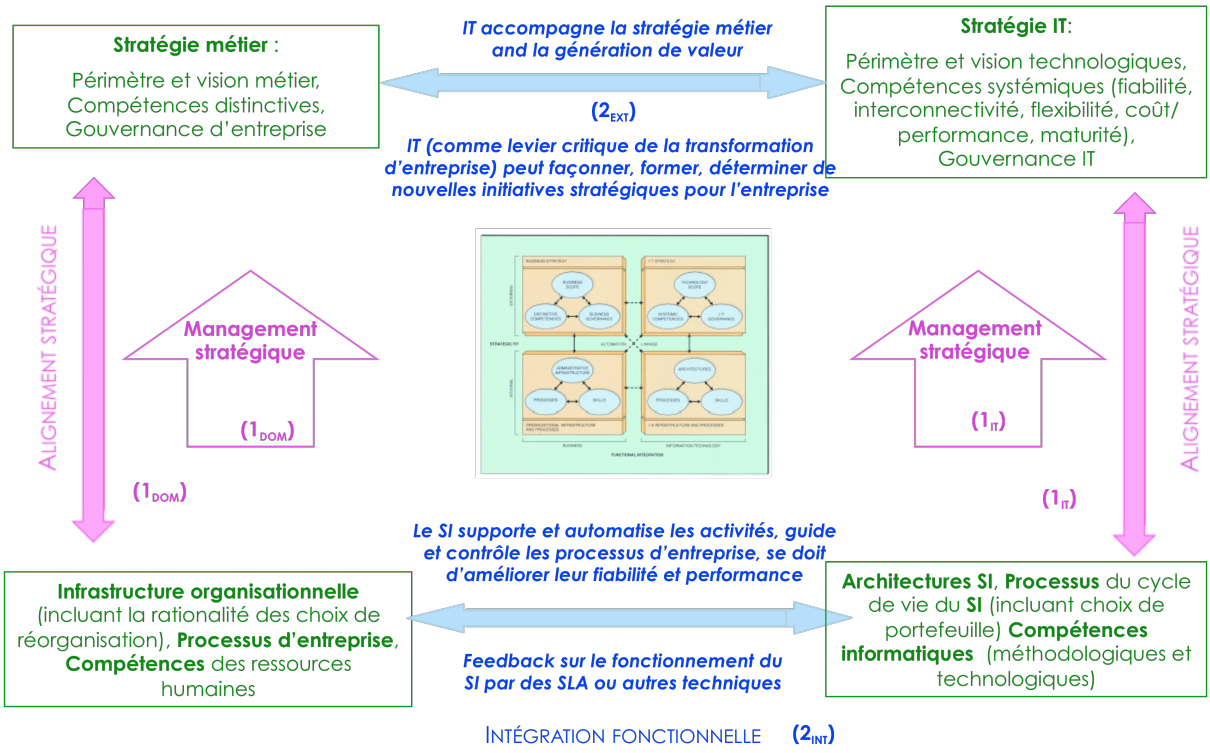

Figure 7 – *Etendre les services offerts par le système d'information pour supporter les décisions du management stratégique*

Dans ce contexte, nous pouvons appréhender l'alignement métier/SI comme un état (produit) souhaité (Figure 9), ou comme le processus d'ingénierie qui vise à construire ce produit (Figure 5). Rappelons que le domaine métier de la Figure 9 est appelé domaine de "réalisation des processus" dans les travaux de Dowson (voir § 3.2.1.1, Figure 1).

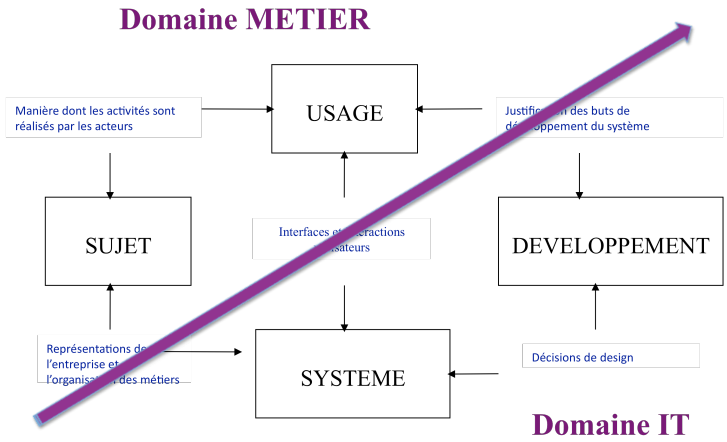

Figure 8 – *Domaines Métier et IT dans le cadre de référence de l'ingénierie des systèmes d'information*

L'alignement appréhendé comme un produit (Figure 9) est le 'linkage' [Henderson et al., 1993], l'harmonie [Luftman et al., 1996], [Luftman et al., 1999], le 'fit' [Porter, 1996], la relation de 'fitness' et de 'matching' [Potts, 1997], l'intégration [Weill et al., 1998], [Henderson et al., 1993], le pont [Ciborra, 1997], l'alignement [Wegmann et al., 2005], [Henderson et al., 1993], la correspondance [Knoll et al., 1994], la congruence [Bergeron et al., 1999] entre le domaine de 'réalisation des processus' [Dowson, 1993] et le système d'information construit pour les guider

et les contrôler. Pour offrir ce guidage, ce dernier engrange de multiples représentations de l'entreprise et de l'organisation des métiers ; il doit aussi offrir à ses usagers (acteurs de l'organisation) les interfaces et les interactions les plus appropriés aux contextes d'exécution de leurs activités. Quelques chercheurs comme Smaczny [Smaczny, 2001], affirment que dans la mesure où le système d'information est pervasif dans l'entreprise, la stratégie IT ne doit pas être regardée comme étant distincte de la stratégie métier. Smaczny utilise le terme 'fusion' pour décrire cette intégration. Pour une étude complète du modèle d'alignement stratégique, voir les travaux de David Avison [Avison et al., 2004].

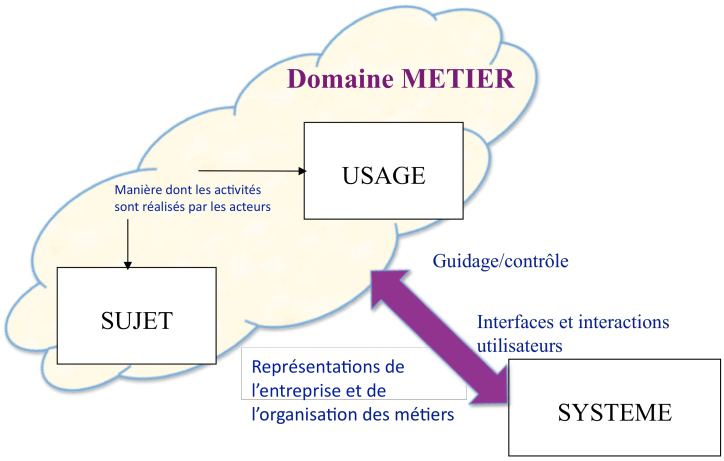

Figure 9 – *Alignement, vu comme un état, un résultat, un produit*

L'alignement vu comme un processus (Figure 10) vise à bâtir cette cohérence entre (i) le domaine de réalisation des processus d'entreprise (et évidemment la stratégie institutionnelle de l'entreprise) et (ii) le système d'information qui doit guider, contrôler, mesurer la performance de ces processus d'entreprise. Pour ce faire, le système d'information a besoin de disposer d'une conscience du contexte d'exécution des processus d'entreprise, donc de feedbacks, afin de pouvoir alerter les processus de management stratégique des deux domaines avec les mesures basées sur les bons indicateurs et les bonnes[48] métriques.

Cette exigence vis à vis du système d'information rejoint aussi la première perspective[49] annoncée pour le thème 2 et la perspective 1 du thème 4. Cela nécessite que les *indicateurs* appropriés soient identifiés et implémentés dans le système d'information technologisé. Les processus de management stratégiques, qu'ils appartiennent au domaine métier ou au domaine IT, pourront alors s'atteler à améliorer les modèles d'entreprise (thèmes 2 et 3) et les modèles des processus IT (thème 4). SOFTWARE PROCESSES ARE BUSINESS PROCESSES TOO.

Le maintien de la *cohérence* inter-modèles se fait dans un contexte de *changement* touchant l'entreprise dans l'une ou plusieurs de ses dimensions (la stratégie, l'organisation des processus métier et système d'information), on parle alors de *co-évolution*. Comme souligné tout au long de ce document, non seulement l'organisation du métier (processus d'entreprise, responsabilités, acteurs) mais aussi le propos de l'entreprise elle-même est sujet au *changement*. L'environnement de l'entreprise bouge. On n'exerce plus l'ingénierie du système d'information en considérant l'entreprise comme un bateau à quai, mais l'ingénierie et la gouvernance d'un système d'entreprise et de son système d'information qui ont pris le large et qui doivent garder le cap malgré les fréquentes tempêtes.

[48] Pour pouvoir déclencher l'alarme d'incendie, il faut soit des capteurs de fumée, soit des capteurs de température, et peut-être les deux à la fois.

[49] Offrir aux familles de processus une conscience du contexte en mode push.

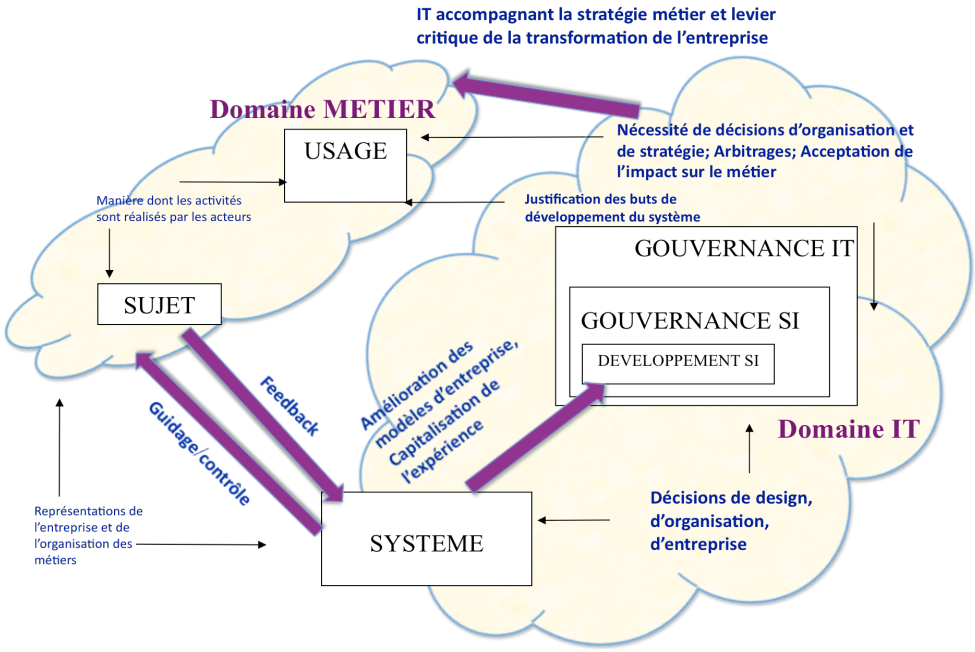

Figure 10 – *Alignement, vu comme un ensemble de processus d'ingénierie et de processus de management stratégique*

Nous avons expérimenté cette nouvelle dimension, celle du changement, dans nos travaux de modélisation d'entreprise et du changement (voir § 4.4.2.2, *Figures 14 et 15*). L'entreprise étant en mouvement perpétuel, son évolution fait partie de ses multiples dimensions. Nous avons besoin de représenter, a minima, un état futur et le chemin de transformation à construire pour avancer vers cette cible. Nous avons proposé des *formalismes qui permettent de spécifier des scenarii à la fois pour des cibles à atteindre et pour des chemins alternatifs à parcourir*. Dans les travaux de recherche de J. Barrios [Barrios, 2001/ER] et de I. Gmati [Gmati, 2011/ER], nous avons développé des démarches méthodologiques pour guider de manière systématique la construction de ces modèles d'entreprise et pour exhiber la rationalité sous-jacente. Le système d'information doit supporter la capitalisation de cette expérience et soutenir ainsi l'apprentissage organisationnel.

De mon point de vue, l'alignement stratégique montré à la Figure 7 par le chiffre (1_{DOM}) entre la stratégie d'entreprise (qu'elle soit façonnée, formée, augmentée, voire fusionnée avec, ou pas par la stratégie IT) et l'organisation interne du métier est le plus difficile à construire (comme produit ou comme processus) et aussi le plus déficient aujourd'hui. J'essaie de le schématiser à la figure 11.

Plus récemment, j'ai initié une collaboration avec Jacques Simonin de Télécom Bretagne [N12b]. Notre objectif est d'apporter des techniques d'évaluation pour mesurer la cohérence entre la stratégie exprimée et l'organisation du métier mise en œuvre (Figure 11). Certaines études récentes soulignent que la responsabilité de l'atteinte d'un but doit être individualisée afin de favoriser l'accomplissement du but ainsi que son évaluation. D'une manière plus globale, il s'agit d'estimer la cohérence de l'organisation avec le point de vue social de l'entreprise [Giorgini et al., 2005]. Un manque dans la modélisation hiérarchique des buts est l'absence de la prise en compte de la dimension organisationnelle [Aoyama, 2010], même si le lien avec les parties prenantes ou avec les processus métier existe. Cela conduit à un défaut de compréhension de la réalité du terrain par les modèles de buts [Vasconcelos *et al.*, 2001]. Le modèle de buts pourrait par exemple prendre en compte la dynamique métier [Forrester, 2003], au sens de la 'réalisation des processus' dans l'entreprise. Cette dynamique métier peut se traduire dans une évaluation du support apporté par l'accomplissement d'un but à l'accomplissement d'un autre but ou,

inversement, dans une évaluation de freins à l'accomplissement d'un but à cause de l'accomplissement d'un autre but. Ces notions de support et d'empêchement permettent de qualifier des relations entre buts d'une entreprise [Markovic *et al.*, 2008]. Par rapport à la dimension organisationnelle mise en évidence précédemment, il est intéressant de se rappeler que les individus dépendent aussi les uns des autres pour atteindre un but (§ 4.4.1.2 ; Figure 9). Cette réalité se traduit au niveau de l'organisation de l'entreprise par la définition de relations de dépendance entre les acteurs (Voir § 2.2.2.3 et § 3.2.4.1) [Yu, 1993], [Yu, 1995], [Lucena *et al.*, 2008]. Notre objectif consiste à décrire l'évolution nécessaire de l'organisation des processus d'entreprise (probablement des alternatifs) en ayant pour cible un modèle de buts du futur. En ce sens, la solution méthodologique que nous souhaitons apporter devra corriger un manque d'alignement entre les objectifs (buts, stratégie) de l'entreprise et sa manière actuelle d'exécuter ses processus métier. L'enrichissement d'un modèle hiérarchique de buts par quelques artéfacts liée à l'organisation du métier est le principe de base que nous adoptons. L'évolution de l'organisation a pour cible privilégiée les relations de dépendance entre les différents acteurs concourant à l'accomplissement des buts opérationnels (Voir § 4.4.1.2). L'évaluation de la cohérence entre ces dépendances entre acteurs d'une part et les liens du modèle de buts enrichi par la dynamique métier d'autre part nous aidera à trouver des alternatifs d'évolution des modèles des processus d'entreprise pour être plus en cohérence avec le modèle de buts.

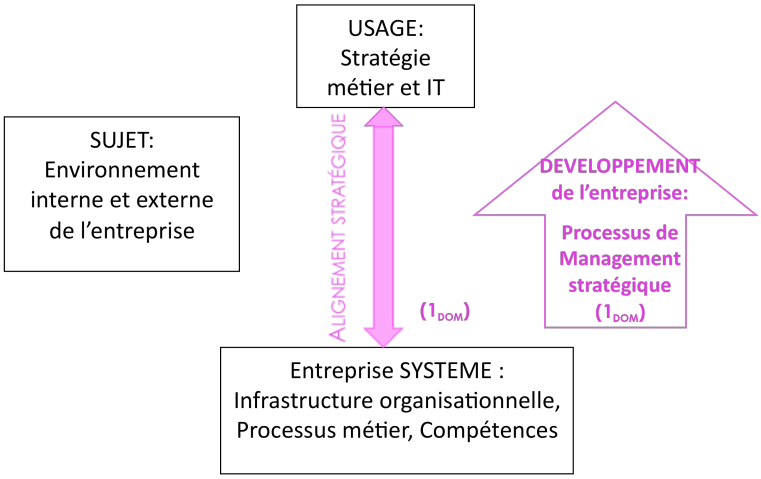

Figure 11 – *Alignement stratégique dans le domaine métier*

Les travaux dans la discipline de l'ingénierie des systèmes d'information, se sont majoritairement focalisés sur l'intégration fonctionnelle montrée à la Figure 7 par le chiffre (2_{INT}) mais avec des exigences qui n'intégraient pas jusqu'à présent la gouvernance du système d'information.

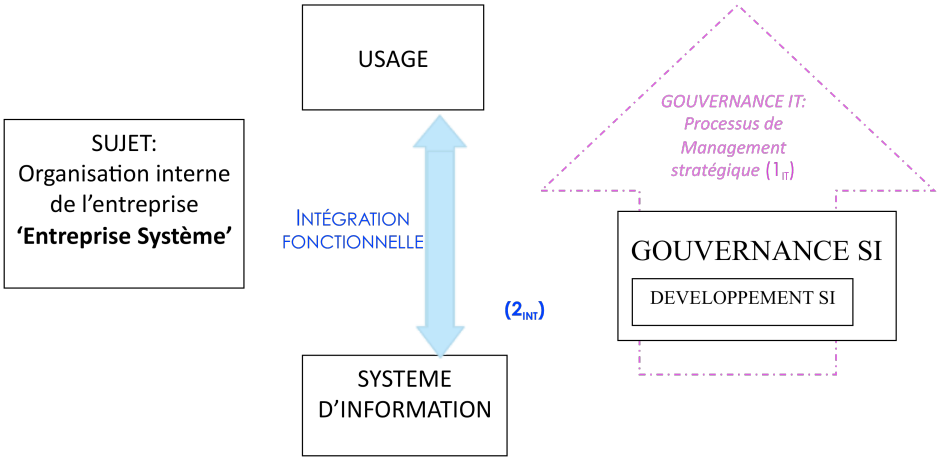

Figure 12 – *Cohérence entre l'organisation du métier et les services offerts par le système d'information*

Le processus d'ingénierie d'entreprise et de système d'information ainsi défini (succession des Figures 11 et 12) est sans fin dans un environnement en changement perpétuel. L'objectif pour l'entreprise est de s'adapter à son environnement externe, d'innover et de rester compétitive. Comme le montre la Figure 13, les processus de management (voir 1_{DOM}, 1_{IT}, 2_{EXT}, Figure 7) qui auraient bien besoin de capacités de représentation et d'explicitation de la stratégie d'entreprise et les processus d'ingénierie du système d'information (voir 2_{INT}, Figure 7) doivent s'exécuter de manière entrelacée et continue entre deux états 'stables' de l'entreprise. Il s'agit incontestablement d'un processus d'amélioration continue du 'système d'entreprise' comme celui préconisé par Deming [Deming, 1991] (la roue de Deming, PDCA, Plan-Do-Check-Act ou encore de Shewhart qui initialement développa la roue à la fin des années 1920). L'observation du système d'information en situation d'usage et les mesures du 'système entreprise' sont alors extrêmement utiles non seulement pour améliorer le système d'entreprise dans le prochain cycle de développement mais aussi pour améliorer les pratiques de son ingénierie et de son management. L'apprentissage organisationnel semble aussi essentiel pour améliorer les cycles et les choix à venir dans ce processus quasi continu car il n'y a pas d'amélioration sans capitalisation et sans mémoire.

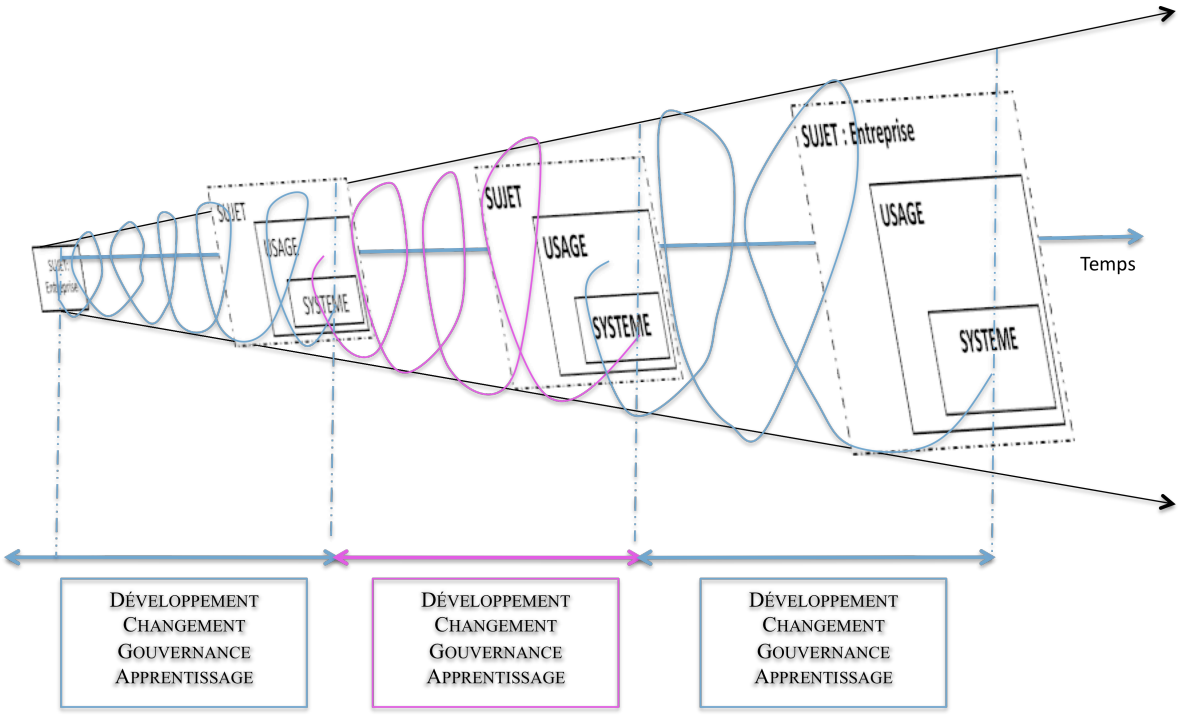

Figure 13 – *Le monde du développement est aussi celui de la gouvernance du système d'information*

Bien que cette dimension n'ait pas encore été étudiée dans les travaux présentés dans ce document, la *dimension du risque* (comme le pendant du l'intention/but) et sa gestion locale me semblent essentielles pour une meilleure représentation des processus métier. En partant des deux principes 'zéro défaut' et 'chaque acteur est responsable de la qualité' et en articulant ces principes avec la modélisation déclarative des processus brièvement discutée à la section 3.2.4.2, je suis arrivée au constat suivant : à défaut de pouvoir définir *toutes* les exécutions alternatives possibles d'un processus dans une structure totalement impérative, il sera utile d'énumérer *quelques* actions correctrices à entreprendre lorsque *certains* contextes d'exécution (des obstacles) empêchent de réaliser une occurrence de processus de la manière dont le modèle de processus le stipule. La modélisation des risques permettra alors de décrire des scénarii, dits 'exceptionnels' dans le domaine de modélisation de scénario, mais non moins probables dans le domaine du management des processus d'entreprise.

Une perspective de recherche sera alors de compléter la vision multi perspectives et multi dimensions de l'architecture d'entreprise par un changement de paradigme dans la modélisation

de processus. En complément de la modélisation habituelle qui vise à représenter le processus d'entreprise sous l'angle de la cible à atteindre (et de ce que le processus doit faire pour l'atteindre), nous tenterons de décrire tout ce qui peut l'empêcher d'accomplir son but; pour chaque *risque* ou *obstacle* ainsi identifié, nous définirons des *actions correctrices*, leur nature (corrective, préventive, réutilisable, avec impact sur le modèle de processus, etc…). Il s'agira (i) de proposer des artefacts de modélisation liés aux risques et aux obstacles qui font partie du cycle de vie des processus et (ii) de définir une démarche pour leur instanciation afin de produire des modèles de processus d'entreprise plus proches de la réalité (moins idéalisés). Le processus métier ne devra pas être considéré de manière isolée mais opérant dans son écosystème (ou réseau) de processus. On réfléchira évidemment aux composants du système d'information qui permettront d'engranger toutes les informations relatives à ces nouveaux artefacts et à leur propre cycle de vie. Ainsi, c'est le système d'information qui comportera les capteurs nécessaires pour identifier l'arrivée (réelle ou pressentie) de l'obstacle et qui pourra préconiser un changement de comportement du processus d'entreprise. Un premier travail a été réalisé dans le cadre d'un mémoire de master recherche en 2012 [Jrad, 2012/ER].

L'apport du Lean Management (qui sera étudié sous le thème 4) à la modélisation des processus d'entreprise me semble aussi être une piste prometteuse.

Le chapitre introductif sur mes motivations de recherche se terminait par un tableau dans lequel j'avais situé les trois postulats que j'avais formulés par rapport aux quatre thèmes structurant de mes recherches. Les quatre thèmes intègrent tous la nécessité de la *représentation*. En revanche, c'est seulement en abordant et en appréhendant l'entreprise dans sa complexité et dans la totalité de ses dimensions (thèmes 3 et 4) que mes trois postulats sont confirmés par l'état de l'art et mes propres travaux :

- ***Représenter**, c'est utile pour **comprendre** et pour avoir l'assurance de partager la même compréhension ; c'est aussi un pré-requis pour pouvoir raisonner sur une réalité complexe par l'intermédiaire des modèles ;*
- ***Capitaliser les représentations** nécessite de pouvoir en assurer le **partage**, la **fraicheur** et la **cohérence** ;*
- *La **flexibilité des représentations** produites facilite leur **évolution** ; **Raisonner sur des variantes** supporte et guide le **changement** (et les **choix de design**) de l'entreprise dans toutes ses dimensions ;*
- *Et l'ensemble articulé permet de tendre vers l'objectif ultime de l'ingénieur et du chercheur en systèmes d'information : **l'élasticité des modèles** qui fait de ces **représentations** des valeurs **capitalisables**, **durables** et **interopérables**.*

Le tableau suivant classe les contributions de ma recherche dans cette même structure. Les termes en gris et italique indiquent les perspectives de recherche que j'envisage d'approfondir dans le futur proche.

	CSCW et modélisation de workflow	Modélisation déclarative et adaptative des processus métier	Des processus métier à la modélisation d'entreprise	Vers la gouvernance du système d'information
Raisonner sur les variantes, l'évolution et/ou les choix de design		**contexte** **variabilité** *réajuster, arbitrer, responsabiliser, improviser*	**cohérence** **changement** *réajuster, arbitrer, innover* *raisonner sur la dynamique du système d'entreprise, mesurer, simuler* *lean management* *processus de management et le support attendu du système d'information* *artéfacts pour raisonner sur les liens entre la stratégie et l'organisation des processus*	**improviser et innover pour rester en cohérence :** réagir aux aléas, réajuster, arbitrer **orchestrer et chorégraphier :** construire, exploiter et observer le portefeuille de projets *lean management*
Engranger, capitaliser, partager, assurer la cohérence			**cohérence** **changement** **capitalisation** *risques, obstacles* *indicateurs, mesures* *configuration du réseau de processus* *comprendre la dynamique du système d'entreprise*	**improviser et innover pour rester en cohérence :** réagir aux aléas, réajuster, arbitrer **orchestrer et chorégraphier :** construire, exploiter et observer le portefeuille de projets
Représenter, visualiser, comprendre	**intégration**	**intentionnalité & déclarativité** *risques, obstacles* *indicateurs, métriques*	**changement** **cohérence** *risques, obstacles,* *indicateurs, métriques*	**orchestrer et chorégraphier** : construire, exploiter et observer le portefeuille de projets

Chapitre 7.

Bibliographie

7. Bibliographie

7.1. Littérature

[Acadys, 2003] ACADYS, Livre blanc, Etude européenne sur la valeur économique de l'informatique, février 2003.

[Achachlouei, 2010] Achachlouei, M.A., The Concept of Enterprise Architecture in Academic Research, Lund University, Master Thesis, 2010.

[Aerts et al., 2004] Aerts, A.T.M., Goossenaerts, J.B.M., Hammer, D.K., Wortmann, J.C., Architectures in context: On the evolution of business, application software, and ICT platform architectures, *Information & Management*, 2004, Vol. 41, N°6, pp. 781-794, 2004.

[AFAI, 2006] AFAI & AFCET, Enquête sur la maturité des entreprises françaises en gouvernance des SI, 2006. *Dernier accès 20 octobre 2012*. http://www.afai.asso.fr/public/doc/170.pdf

[Afcet, 1994] AFCET, *Enquête sur la pratique de la collectique (groupware) en France*. Rapport d'étude, Septembre, 1994, 83 p.

[AFNOR, 2005] Outils de management – management des processus, FD X 50-175, Octobre 2005. Remplace le fascicule de documentation FD X 50-176, de juin 2000.

[Agostini et al., 1993] Agostini, A., De Michelis, G., Grasso, M.A., et Patriarca, S. *Reengineering a Business Process with an Innovative Workflow Management System : A Case Study*. Proceedings of the Conference on Organizational Computing Systems, COOCS 1993, Milpitas, California, USA, November 1-4, 1993.

[Agostini et al., 2000] Agostini, A., De Michelis, G. A Light Workflow Management System Using Simple Process Models, In *Computer Supported Cooperative Work : The Journal of Collaborative Computing*, Kluwer Academic Publishers, 2000, Vol.9, No.3-4, p. 335-363.

[Ahmadi et al., 2008] Ahmadi, N., Jazayeri, M., Lelli, F., Nesic, S., A survey of social software engineering, in First International Workshop on Social Software Engineering and Applications, in conjunction with the 23rd IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering, 2008, pp. 1-12.

[Alexander et al., 1977] Alexander C., Ishikawa, S., Silverstein, M., Jacobson, M., Fiksdahl-King, I. and Angel, S. A Pattern Language, Oxford University Press, New York, 1977.

[Alexander, 1979] Alexander, C. The Timeless Way of Building, Oxford University Press, New York, 1979.

[Alexander, 2002] Alexander, I., Modelling the Interplay of Conflicting Goals with Use and Misuse Cases. Proceedings of the HCI*02 Workshop on Goal-Oriented Business-Process Modeling (GBPM 2002).

[Alonso et al., 1997] Alonso, G., Agrawal, D., El Abbadi, A. and Mohan, C. (1997) Functionality and Limitations of Current Workflow Management Systems, *IEEE Expert*, 12(5), Sept/Oct 1997.

[Alter, 1992] Alter, S., *Information systems, a management perspective*. Addison Wesley, 1992.

[Alter et al., 2000] Alter, S., Markus, M.L., Scott, J.E., Ein-Dor, P., Vessey, I., Does the trend toward e-business call for changes in fundamental concepts of information systems? (Debate). ICIS 2000, pp. 707-709

[AMICE, 1989] AMICE Consortium, Open System Architecture for Computer Integrated Manufacturing, Research Reports of ESPRIT Project 688, Vol. 1, Springer Verlag, Berlin 1989.

[Analyti et al., 2007] Analyti, A., Theodorakis, M., Spyratos, N. Constantopoulos, P., Contextualization as an Independent Abstraction Mechanism for Conceptual Modeling, *Information Systems*, 2007, 32, pp. 24-60.

[Andersson et al., 2007] Andersson, B., Bergholtz, M., Edirisuriya, A., Ilayperuma, T., Johannesson, P., & Zdravkovic, J. (2007). Using Strategic Goal Analysis for Enhancing Value-based Business Models, Second International Workshop on Business/IT Alignment and Interoperability, (BUSITAL'07) in conjunction with CAiSE'07.

[Anton et al., 1994] Anton A, McCraken M, Potts C. Goal decomposition and Scenario Analysis in Business process Engineering. LNCS 811. Advanced Information systems Engineering. 6th International Conference CAiSE'94.

[Anton, 1996] Anton, A.I., Goal based requirements analysis, Proceedings of the 2nd International Conference on Requirements Engineering ICRE'96, Colorado Springs, Colorado, pp. 136-144.

[Anton et al., 1994b] Antòn A.I., Potts C., Takahanshi, K., *Inquiry Based Requirements Analysis*, IEEE Conference on Requirements Engineering.

[Anton, 1997] Antón, A.I., Goal Identification and Refinement in the Specification of Software-Based Information Systems. Ph.D. Dissertation, Georgia Institute of Technology. Atlanta GA, 1997.

[Anton et al., 1998] Anton, A.I, Potts C., The use of goals to surface requirements for evolving systems, International Conference on Software Engineering (ICSE `98), Kyoto, Japan, 1998, pp. 157-166.

[Aoyama, 2010] Aoyama, M., A Method for Capturing and Reconciling Stakeholder Intentions Based on the Formal Concept Analysis. Intentional Perspectives on Information Systems Engineering, S. Nurcan, C. Salinesi, C. Souveyet, J. Ralyté (Eds.) Springer.

[Aparicio-Valverde et al., 1997] Aparicio-Valverde, M., Wolfgang, M., Soler, C., Tregaskis, O., A comparative analysis of learning environments in organizations in Europe, *Effective Organizations - Looking to the future*, C. Armistead and J. Kiely (Eds), 1997, Cassell.

[Argyris et al., 1978] Argyris C., Schön D.A, *Organizational Learning: A theory of Action Perspective*, Reading, MA, Addison-Wesley, 1978.

[Armenise et al., 1993] Armenise, P., Bandinelli, S., Ghezzi, C. and Morzenti, A., A survey and assessment of software process representation formalisms, *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, 1993, Vol. 3 No. 3, pp. 410-26.

[Arsanjani et al, 2001] Arsanjani, A., Alpigini, J., Using Grammar-oriented Object Design to Seamlessly Map Business Models to Component-based Software Architectures, Proceedings of the International Symposium of Modelling and Simulation, Pittsburgh, PA, USA, pp 186-191, 2001.

[Avenier, 1995] Avenier, M-J., Une nouvelle formulation de la problématique du pilotage d'organisations sociales suggérée et rendue opérationnalisable par les nouvelle technologies de l'information, Note de Recherche du GRASCE , No. 95-03.

[Aversano et al., 2005] Aversano, L., Bodhuin, T., Tortorella, M., Assessment and impact analysis for aligning business processes and software systems, in Proceedings of the 2005 ACM Symposium on Applied Computing, pp. 1338-1343.

[Avison et al., 2004] Avison, D., Jones, J., Powell, P., Wilson, D. Using and validating the strategic alignment model, in the Journal of Strategic Information Systems, Volume 13, issue 3, September 2004, pp. 223-246.

[Bachmann et al., 2001] Bachmann F., Bass L., Managing variability in software architecture, Proceedings of the 2001 symposium on Software reusability: putting software reuse in context; ACM SIGSOFT *Software Engineering Notes*, 26(3), May 2001.

[Baets, 1992] Baets, W., Aligning Information Systems with Business Strategy, *Journal of Strategic Information Systems*, 1992, 1(4), pp. 205-213.

[Baets, 1996] Baets, W.R.J., Some empirical evidence on IS Strategy, Alignement in banking, Information @ Management, 1996, 30(4), pp. 155-177.

[Balabko et al., 2003] Balabko, P., Wegmann, A., Context Based Reasoning in Business Process Models, Las Vegas, USA. *IEEE Information Reuse and Integration* (2003).

[Baldin et al., 1998] Baldin, T.T., Danielson, C., Wiggenhorn, W., "The evolution of learning strategies in Organizations : from employee development to business redefinition", *IEEE Engineering Management Review*, 1998, Vol. 26, N° 1.

[Bandinelli et al., 1993] Bandinelli, S., Fugetta, A., Grigoli, S., Process Modelling in the large with SLANG. Proceedings of the 2nd International Conference on Software Process, Berlin, Germany, 1993, pp 75-93.

[Banerjee et al., 1987] Banerjee, J., Kim, W., Kim, H.-J., Korth, H.F., Semantics and Implementation of Schema Evolution in Object Oriented Databases, Proceedings of the ACM-SIGMOD Annual Conference, pp 311-322, San Francisco, CA, May 1987.

[Barclay et al., 1997] Barclay, D.W., Chan, Y.E., Copeland, D.G., Huff, S.L., Business Strategic Orientation, Information Systems Strategic Orientation and Strategic Alignment. *Information Systems Research*, 1997, Vol. 8, No 2.

[Barka et al., 2000] Barka, E., Sandhu., R. A role-based Delegation Model and Some Extensions, Proceedings of the 23rd National Information Systems Security Conference. 2000.

[Bashein et al., 1994] Bashein B., Markus M.L., Preconditions for BPR Success, *Information Systems Management*, Vol. 11(2), Spring 1994.

[Basili et al., 1994] Basili, V. R., Caldiera, G., & Rombach, H. D., The Goal Question Metric Approach, Encyclopedia of Software Engineering , 2 , pp. 528-532.

[Bassil et al., 2004] Bassil, S., Keller, R.K., Kropf, P.G., A workflow-oriented system architecture for the management of container transportation. In Desel, J., Pernici, B., Weske, M. (eds.) *Business Process Management*. Volume 3080 Lecture Notes in Computer Science., 2004, Springer, p. 116–131.

[Bateson, 1979] Bateson, G., *Mind and Nature: A Necessary Unity*, Bantam Books 1979

[Bateson, 1995] Bateson, G., *Vers une écologie de l'esprit*, Seuil, Points essais, 1995

[Bayer et al., 2005] Bayer, J., Buhl, W., Giese, C., Lehner, T., Ocampo, A., Puhlmann, F., Richter, E., Schnieders, A., Weiland, J., Weske, M., *Process Family Engineering: Modeling variant-rich processes*. PESOA-Report No. 18/2005, DaimlerChrysler, Research and Technology, Delta Software Technology, Fraunhofer IESE, Hasso-Plattner-Institut, June 2005.

[Becker et al., 2001] Becker, S., Jager, D., Schleicher, A., Westfechtel. B. A delegation Based Model for Distributed Software Process Management, Proceedings of the 8th European Workshop on Software Process Technology, EWSPT, 2001.

[Beatty et al., 1996] Beatty, R., Ulrich D., Re-energizing the Mature Organization, *IEEE Engineering Management Review*, 1996, Vol. 24, N° 3, p. 60-69.

[Beck, 1997] Beck, K., Smalltalk Best Practice Patterns. Vol. 1: Coding, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1997.

[Belhajjame et al., 2001] Belhajjame, K., Vargas-Solar, G., Collet, C., Towards an Adaptable workflow management system. 17èmes Journées BDA, 2001, Agadir, Maroc.

[Bellinzona et al., 1993] Bellinzona, R., Fugini, M.G., de Mey, V., Reuse of Specifications and Designs in a Development Information System", Information System Development Process (A-30), N. Prakash, C. Rolland and B. Pernici (Eds.), IFIP, Sept. 1993.

[Benali et al., 1989] Benali, K., Boudjlida, N., Charoy, F., Derniame, J. C., Godart, C., Griffiths, P., Gruhn, V., Jamart, P., Oldfield, D. Oquendo, F., Presentation of the ALF project, in: *Proceedings of the International Conference on System Development Environments and Factories,* 1999.

[Benkler, 2006] Benkler, Y., The Wealth of Networks: How Social Production Transforms Markets and Freedom. Yale University Press, 2006.

[Bennett et al., 2000] Bennett, K.H., Rajlich, V.T., Software maintenance and evolution: a roadmap. *Proceedings of the ICSE'2000 Conference on The Future of Software Engineering,* pp. 73-87.

[Bennett et al., 1999] Bennett, K.H., Ramage, M., Munro, M., Decision model for legacy systems. *IEEE Proceedings Software*, News & Archive Press, 1999, 146(3), pp. 153-159.

[Bennett, 1995] Bennett, K.H., Legacy Systems: Coping with Success. *IEEE Software*, 1995, 12(1), pp. 19-23

[Ben-Shaul et al., 1996] Ben-Shaul, I.Z., Kaiser, G.E. Integrating Groupware Activities into Workflow Management Systems. Proceedings of the Seventh Israeli Conference on Computer Systems and Software Engineering. IEEE Comput. Soc. Press, 1996.

[Ben Zaïda et al., 2007] Ben Zaïda Y., Chapurlat V., Crestani D., Construction et évaluation de projet de changement des entreprises manufacturières, 4ème workshop "Ingénierie et Gestion des Processus d'Entreprise" des GDR I3 et MACS du CNRS, *Dynamique des organisations et création de valeur : Apports des typologies et des cartographies de processus,* 15 Mai 2007, Paris.

[Bergeron et al., 1999] Bergeron, F., Raymond, L., Rivard, S., Conceptualizing and Analyzing Fit in Information Systems Research : An Empirical Comparison of Perspectives. Cahier du GreSI No. 99-03, HEC Montréal, Montreal, 1999.

[Bergeron et al., 2004] Bergeron, F., Raymond, L., Rivard, S., Ideal patterns of strategic alignment and business performance, *Information & Management*, 2004, 41(8), pp.1003-1020.

[Berztiss, 2001] Berztiss, A.T., Reengineering and processes, Handbook of software engineering and knowledge engineering. World Scientific Press, 2001.

[BIS, 2011] 14th International Conference on Business Information Systems (BIS 2011) Poznan, Poland, 15-17 June, 2011.

[Bleistein et al., 2006] Bleistein, S.J., Cox, K., Verner, J., Phalp, K., B-SCP : Requirements analysis framework for validating strategic alignement of organisational IT based on strategy, context, and process. Information and Software Technology 48 (2006) 846 – 868.

[Bleistein, 2006] Bleistein, S.J., B-SCP: an integrated approach for validating alignment of organizational IT requirements with competitive business strategy, the university of new south wales, PhD thesis, Sydney, Australia, January 3, 2006.

[Bleistein et al., 2005] Bleistein, S.J., Cox, K., Verner, J., Strategic Alignment in Requirements Analysis for Organizational IT: an Integrated Approach, the 20th ACM Symposium on Applied Computing (SAC'05), Santa Fe, NM, USA, 2005.

[Bodhuin et al., 2004] Bodhuin, T., Esposito, R., Pacelli, C., Tortorella, M., Impact Analysis for Supporting the Co-Evolution of Business Processes and Supporting Software Systems, Proceedings of BPMDS'04, Workshop, Riga, Latvia, 2004.

[Boehm, 1981] Boehm, B., Software Engineering Economics. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1981.

[Boehm, 1988] Boehm, B., A Spiral Model of Software Development and Enhancement, *IEEE Computer* 21(5), 1988.

[Borghoff et al., 1997] Borghoff, U.M., et al. (1997) Reflective Agents for Adaptive Workflows, 2d Int. Conference and Exhibition on Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agents (PAAM'97) London, UK, Society Press, p. 405-420.

[Bosch et al., 2001] Bosch J., Svahnberg M., Variability issues in Software Product Lines, 4th International Workshop on Product Family Engineering (PEE-4), Bilbao, Spain, 2001.

[BPEL4WS, 2002] Business Process Execution Language for Web Services. *Dernier accès 11 octobre 2011*. http://www.bpmi.org/downloads/BPML-BPEL4WS.pdf

[BPM, 2003] Conferences on Business Process Management, *dernier accès 9 octobre 2011*, http://www.bpm2004.org/twiki/bin/view/Public/WebHome.

[BPMDS, 2010] The 11th Workshop on Business Process Modeling, Development, and Support, *Multi Dimensional Perspectives on Business Processes*, CAiSE 2011, 7-8 June 2010, Hammamet, Tunisia.

[BPMDS, 2006] The 7th Workshop on Business Process Modeling, Development, and Support, *Requirements for flexibility and the ways to achieve it*, CAiSE 2006, 5-6 June 2006, Luxembourg.

[BPMDS, 2007] The 8th Workshop on Business Process Modeling, Development, and Support, *Adequate Design of Business Processes and Support Systems*, CAiSE 2007, 11-12 June 2007, Trondheim, Norway.

[BPMDS, 1998] The International series of Workshops on Business Process Modeling, Development, and Support. Became a working conférence in conjunction with CAISE since 2011. http://bpmds.org/History.aspx, *dernier accès 9 octobre 2011*.

[Brand et al., 2008] Brand, K., Boonen, H., IT Governance Based on Cobit 4.1: A Management Guide, 3ème edition, Van Haren Publishing, 2008, ISBN 908753116.

[Brooke, 2000] Brooke, C., A framework for evaluating organizational choice and process redesign issues, *Journal of Information Technology,* Volume 15, Issue 1, pp. 17-28.

[Brooke et al., 2001] Brooke, C., Ramage, M., Organisational scenarios and legacy systems, *International Journal of Information Management*, Volume 21, Issue 5, pp. 365-384.

[Bubenko, 1994] Bubenko, J., Enterprise Modelling, *Ingénierie des Systèmes d'Information*, Vol 2, N° 6 (1994).

[Bubenko et al., 1994] Bubenko, J., Rolland, C., Loucopoulos, P., De Antonellis, V., Facilitating 'Fuzzy to Formal' requirements modelling. IEEE 1st Conference on Requirements Enginering (ICRE'94), pp. 154-158, 1994.

[Bubenko et al., 1997] Bubenko J, Brash D, Stirna J. EKD User Guide. Internal report ELEKTRA project No. 22927. February 17, 1997.

[Burlton, 1994] Burlton, R.T. (2001) *Business Process Management - Profiting from process*, SAMS Publishing.

[Buschmann et al., 1996] Buschmann, F., Meunier, R., Rohnert, H., Sommerland, P. and Stal, M. Pattern-Oriented Software Architecture - A System of Patterns, John Wiley, 1996.

[CAISE, 2009] The 21st International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE'09), *Information Systems for Business Innovation*, 8-12 June 2009, Amsterdam, The Netherlads.

[CAISE, 2010] The 22nd International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE'10), *Evolving Information Systems*, 09-11 June 2010, Hammamet, Tunisia.

[CAISE, 2011] The 23d International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE'11), *IS Olympics: Information Systems in a diverse world*, 20-24 June 2011, London, UK.

[Campbell, 2005] Campbell, B., Alignment: Resolving ambiguity within bounded choices, PACIS 2005, Bangkok, Thailand, pp. 1–14, 2005.

[Camponovo et al., 2004] Camponovo, G., Pigneur, Y., Information Systems Alignment in Uncertain Environments, In Proceedings of the IFIP International Conference on Decision Support Systems (DSS2004), Prato, 2004.

[Canfora et al, 1997] Canfora, G., Cimitile, A., A reference life-cycle for legacy systems. Proceedings of the ICSE – Workshop on Migration Strategies for Legacy Systems, 1997, Boston, MA.

[Cardoso et. al, 2011] Cardoso, E.C.S., Almeida, J.P.A., Guizzardi, R.S.S., Guizzardi, G., A Method for Eliciting Goals for Business Process Models based on Non-Functional Requirements Catalogues. IJISMD 2(2): 1-18 (2011)

[Carpentier, 2009] Carpentier, J.-F., La sécurité informatique dans la petite entreprise : état de l'art et bonnes pratiques, Editions ENI, 2009.

[Casati et al., 1996] Casati, F., Ceri, S., Pernici, B. and Pozzi, G., Workflow Evolution. 15th ER'96 international Conference, Oct 7-10, 1996, Cottbus, Germany, Springer Verlag.

[Casati et al., 1999] Casati F., Fugini M. G., Mirbel I. An Environment for designing exceptions in workflow, *Information Systems*, 1999, 24(3), p. 255-273.

[Chaari, 2007] T. Chaari, Adaptation d'applications pervasives dans des environnements multi-contextes. Thèse de doctorat. L'institut National des Sciences Appliquées de Lyon. 2007.

[Chamfrault, 2006] Chamfrault, T., ITIL et Gestion des services – Méthodologie, maîtrise d'oeuvre, 2006, Dunod, Paris.

[Chan et al., 2007] Chan, Y. E. and Reich, B. H.: IT Alignment: What have we learned? *Journal of Information Technology,* 2007, n° 22, pp. 297-315.

[Chan et al., 1997] Chan, Y.E., Huff, S.L., Barclay, D.W., Copeland, D.G., Business Strategic Orientation, Information Systems Strategic Orientation, and Strategic Alignment, *Information Systems Research*, 1997, 8(2), pp.125–150.

[Charoy et al., 2006] Charoy, F., Guabtni, A., Valdes Faura, M., A Dynamic Workflow Management System for Coordination of Cooperative Activities, Business Process Management Workshops 2006, p. 205-216.

[Checkland et al., 1990] Checkland, P., Scholes, J. *Soft Systems Methodology in action*, John Wiley and Sons, 1990.

[Chen et al., 2008] Chen, D., Doumeingts, G., Verdanat, F., Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future. Computers in Industry, 2008, 59(7), pp. 647-659.

[Chen et al., 2003] Chen, H., Finin, T., Joshi, A., An Ontology for Context-Aware Pervasive Computing Environments. Special Issue on Ontologies for Distributed Systems, *Knowledge Engineering Review*, 18(3), September 2003, Cambridge University Press, New York, NY, USA

[Chrissis et al., 2008] Chrissis, M.B. , Konrad, M., Shrum, S., CMMI 2e édition - Guide des bonnes pratiques pour l'amélioration des processus - CMMI ® pour le développement, version 1.2, Pearson Education France, 2008.

[Ciborra, 1997] Ciborra, C.U., De Profundis ? Deconstructing the Concept of Strategic Alignment, *Scandinavian Journal of Information Systems,* 1997, *9*(1), pp. 67-82.

[CIGREF-McKinsey, 2004] CIGREF – McKinsey, Dynamique des relations autour des systèmes d'information dans les équipes de direction des grandes entreprises françaises, 29 Septembre 2004, http://www.cigref.fr/

[CIGREF, 2002] CIGREF, Alignement stratégique du système d'information, 15 Septembre 2002, http://www.cigref.fr/

[CIGREF, 2002b] CIGREF, Gouvernance du système d'information, Rapport Cigref, 2002, http://www.cigref.fr

[CIMOSA, 1989] CIMOSA: A Primer on key concepts, purpose and business value. Dernier accès 5 novembre 2011, http://cimosa.cnt.pl/Docs/Primer/primer2.htm.

[Clauss, 2001] Clauss M., Generic modeling using UML extensions for variability, OOPSLA 2001 Workshop on Domain Specific Visual Languages, Septembre 2001.

[Coad, 1992] Coad, P., Object-Oriented Patterns, *Communications of the ACM*, Vol. 35, No. 9, 1992, pp. 152-159.

[Coad et al., 1996] Coad, P., North, D., Mayfiel, M., *Object Models - Strategies Patterns and Applications*, Yourdon Press Computing Series, 1996.

[Coakley et al., 1996] Coakley, J.R., Fiegener, M.K., White, D.M., Assessing Strategic IT Alignment in A Transforming Organisation, Proc. of the Association for Information Systems, Phoenix, Arizona, USA, 1996.

[Coombs et al., 1992] Coombs, R., Knights, D., & Willmott, H. C., Culture, control and competition: Towards a concep-tual framework for the study of information technology in organizations. *Organization Studies, 13*(1), 1992, pp. 51-72.

[CoopIS, 2010] 18th International Conference on Cooperative Information Systems (CoopIS 2010) Crete, Greece, 27-29 Obtober 2010.

[CoopIS, 2011] 19th International Conference on Cooperative Information Systems (CoopIS 2011) Crete, Greece, 19–21 Obtober 2011.

[Coplien, 1995a] Coplien, J. A Development Process Generative Pattern Language, AT&T Bell Laboratories, http://www.bell-labs.com/people/cope/Patterns/Process/index.html, 1995.

[Coplien, 1995b] Coplien, J.O., A generative Development - Process Pattern Language, in *'Pattern Languages of Program Design'*, J. O. Coplien and D. O. Schmidt (ed.), Addison-Wesley, 1995.

[CORBA, 02] CORBA overview, Object Management Group. http://www.omg.org/corba/

[Corteau et al., 2001] A.M. Corteau, F. Bergeron, An information technology trilogy: business strategy, technological deployment and organizational performance, *Journal of Strategic IS*, vol. 10, p. 77-99, 2001.

[Crépet-Chanvillard, 1991] H. Crépet-Chanvillard. *Dynamique des objets dans un système de gestion de bases de données*. Mémoire de DEA Informatique Fondamentale, ENS Lyon. Juillet 1991.

[Cross et al., 2004] Cross R., Borgatti S., Parker A., Prusak L., Making Invisible Work Visible: Using Social Network Analysis to Support Strategic Collaboration Creating Value with Knowledge, January 2004, pp. 82-103(22): Oxford Scholarship Online Monographs.

[Croteau et al., 2001] Croteau, A.M., Bergeron, F., An Information Technology Trilogy: Business Strategy, Technological Deployment and Organizational Performance. *Journal of Strategic Information Systems*, 2001, 10, pp. 77-99.

[Cugola et al., 1995] Cugola, G., Di Nitto, E., Ghezzi, C., Mantione, M., How to deal with deviations during process model enactment. Proceedings of 17th International Conference on Software Engineering (ICSE'95), Seattle, Washington, USA, April 1995.

[Cugola, 1998] Cugola, G., *Inconsistencies and Deviations in Process Support Systems*. Ph.D. Thesis Politecnico di Milano, February 1998.

[Curran et al., 1997] Curran, T. and Keller, G. : SAP R/3 Business Blueprint: Understanding the Business Process Reference Model. Upper Saddle River (1997).

[Curtis et al., 1992] Curtis, B., Kellner, M., Over, J. Process Modelling, *Communications of ACM*, 1992, 35(9), 75-90.

[Dadam et al., 2003] Dadam, P., Reichert, M. and Rinderle, S., Evaluation of Correctness Criteria For Dynamic Workflow Changes. Int. Conference on Business Process Management (BPM'03), Eindhoven, The Netherlands, June 2003, p. 41-57.

[Dardenne et al., 1993] Dardenne, A., Lamsweerde, A. v., and Fickas, S., (1993), *Goal-directed Requirements Acquisition*, Science of Computer Programming, 20, Elsevier, pp.3-50.

[Davenport et al., 1990] Davenport, T., and Short, J.: The new Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign, Sloan Management Review (1990).

[Davenport et al., 1995] Davenport T.H., Beers M.C., "Managing Information about processes", Journal of Management Information Systems, Vol. 12(1), pp. 57-80, Summer 1995.

[Davenport et al., 1998] Davenport, T., Short, J., The New Industrial Engineering : Information Technology and Business Process Redesign, IEEE Engineering Management Review, Fall 1998.

[Davies et al., 2006] Davies, I., Green, P., Rosemann, M., Indulska, M., Gallo, S.: How do Practitioners Use Conceptual Modeling in Practice? *Data & Knowledge Engineering*, 58 (2006) 358-380.

[Davis, 1993] Davis, A.M., Software requirements : objects, functions and states, 1993, Prentice Hall.

[Dawson, 1994] Dawson, P., *Organisational Change - A processual Approach*, 1994, Paul Chapman Publishing Ltd., London.

[Dayal et al., 1988] Dayal, U., Buchmann, A. and McCarthy, D. *Rules are Objects Too: A Knowledge Model for an Active, Object-Oriented Database System* Advances in Object-Oriented Database Systems, Proc. of the 2nd Int. Workshop on Object-Oriented Database Systems, Germany, September 1988, pp.129-143.

[De Antonellis et al., 1995] De Antonellis, V., Pernici, B., Reusing specifications through refinement levels, *Data and Knowledge Engineering*, Vol. 15, No. 2, April 1995.

[Debauche et al., 2004] Debauche, B., Mégard, P. : BPM Business Process Management : Pilotage métier de l'entreprise, Paris, Hermès (2004).

[Decker et al., 1997] Decker, S., Daniel, M., Erdmann, M. and Studer, R., An enterprise reference scheme for integrating model based knowledge engineering and enterprise modeling, Proceedings of the 10th European Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management, EKAW'97, Springer-Verlag, Heidelberg, Lecture Notes in Artificial Intelligence, LNAI 1319.

[De Feo et al., 2005] De Feo, J.A., Barnard, W. W., *JURAN Institute's Six Sigma Breakthrough and Beyond - Quality Performance Breakthrough Methods*, 2005, Tata McGraw-Hill Publishing Company.

[De Haes et al., 2005] De Haes, S., van Grembergen, W., IT Governance Structures, Processes and Relational Mechanisms: Achieving IT/Business Alignment in a Major Belgian Financial Group, Proceedings of the 38th International Conference on System Sciences, Hawaii, 2005.

[De la Vara et al., 2008] De La Vara, J.L., Sanchez, J., and Pastor, O., Business process modelling and purpose analysis for requirements analysis of information systems. The 20th International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE'08), Montpellier, France.

[De Leede et al., 2002] De Leede, J., Looise, J.C., Alders, B. Innovation, Improvement and Operations: An exploration of the management of alignment, *International Journal of Technology Management*, 2002, 23(4): 353–368.

[Dellen et al., 1997] Dellen, B., Maurer, F., and Pews, G. (1997) Knowledge Based Techniques to Increase the Flexibility of Workflow Management. *Data and Knowledge Engineering*, 23(3) North Holland.

[De Lucia et al., 2001] De Lucia, A., Fasolino, A.R., Pompella, E. A decisional framework for legacy systems management. Proceedings of the International Conference on Software Maintenance, Florence, Italy, IEEE Computer Society Press, 2001.

[DeMarco, 1979] DeMarco, T., *Structured analysis and system specification*, Prentice-Hall, New Jersey, 1979.

[DeMarco et al., 1987] DeMarco, T., Lister, T., Peopleware: productive projects and teams. New York, NY, USA: Dorset House Publishing Co., Inc, 1987.

[Deming, 1991] W.E. Deming, Gogue, J.M. Hors de la crise, Economica, 1991, ISBN 9782717820904.

[Dennis et al., 1991] A.R. Dennis, J.F. George, J.F. Nunamaker, J.S. Valacich, D.R. Vogel, Electronic meeting systems to support group work, Communications of the ACM 34(7) (1991) 40-61.

[Dey et al., 1999] Dey, A.K., Salber, D., Abowd, G.D., A Context-based Infrastructure for Smart Environments, In the Proceedings of the 1st International Workshop on Managing Interactions in Smart Environments (MANSE '99), Dublin, Ireland, December 13-14, 1999. pp. 114-128.

[Dey, 2000] Dey, A.K., Providing Architectural Support for Building Context-Aware Applications, PhD thesis, College of Computing, Georgia Institute of Technology, December 2000.

[Dey et al., 2004] Dey, A.K., Hamid, R., Beckmann, C., Li, I., Hsu, D., "a CAPpella: Programming by Demonstration of Context-Aware Applications" in E. Dykstra-Erickson and M. Tscheligi (eds.) Proceedings of the 2004 Conference on Human Factors in Computing Systems, ACM Press, Vienna, Austria, pp. 33-40.

[Doumeingts, 1984] Doumeingts, G, Methode GRAI: Methode de Conception des Systemes de Productigue, Thèse d'Etat en Automatigue, Universite de Bordeaux 1, 1984.

[Dowson, 1987] Dowson, M., Iteration in the Software Process, Proc 9th International Conference on Software Engineering, ICSE'87.

[Dowson, 1987] Dowson, M., Integrated project support with Istar. *IEEE Software*, vol. 4, n° 6. 1987.

[Dowson, 1993] Dowson, M. , Software Process Themes and Issues, IEEE 2nd Int. Conf. on the Software Process, pp. 28-40, 1993.

[Dowson, et al., 1994] Dowson, M., Fernstrom, C., Towards requirements for Enactement Mechanisms. Proceedings of the 2th European Workshop on Software Process Technology, 1994

[Dumas et al., 1990a] Dumas, P., Charbonnel, G., La méthode OSSAD - Pour maîtriser les technologies de l'information – Tome 1: Principes, Les Editions d'Organisation, Paris 1990.

[Dumas et al., 1990b] Dumas, P., Charbonnel, G., Calmes, F., La méthode OSSAD - Pour maîtriser les technologies de l'information - Tome 2: Guide pratique, Les Editions d'Organisation, Paris 1990.

[Dumas et al., 2005] Dumas, M., van der Aalst, W.M.P., ter Hofstede, A.H.M. (eds.): Process Aware Information Systems: Bridging People and Software Through Process Technology. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey (2005).

[ebXML, 2004] Electronic Business using eXtensible Markup Language. . *Dernier accès 11 octobre 2011*. http://www.ebxml.org/

[Edmond et al., 1998] Edmond, D. and ter Hofstede, A.H.M, Achieving workflow adaptability by means of reflection. CSCW Towards Adaptive Workflow Systems Workshop, Seattle, WA, November 1998.

[EDOC, 2009] The 13th IEEE International EDOC "Enterprise Computing" Conference (EDOC 2009), 1-4 September 2009, Auckland, New Zealand.

[EDOC, 2010] The 14th IEEE International EDOC "The Enterprise Computing" Conference (EDOC 2010), 25-29 October 2010, Vitória, ES, Brazil.

[EDOC, 2011] The 15th IEEE International EDOC "The Enterprise Computing" Conference (EDOC 2011), 29 August-2nd September 2011, Helsinki, Finland.

[Ellis, 1979] Ellis C., *Information Control Nets, A Mathematical Model of Office Information Flow*, Proceedings of the ACM conf. on Simulation, Measurement and Modelling of Computer Systems, 1979, p. 225-240.

[Ellis et al., 1980] Ellis, C.A., Nutt, G.J. Information Systems and Computer Science. Journal ACM Computing Surveys, Volume 12 Issue 1, March 1980.

[Ellis et al., 1991] Ellis, C.A., Gibbs, S.J., Rein, G.L., *Groupware: some issues and experiences*, in: Communications of the ACM, 34(1) (1991).

[Ellis et al., 1994] Ellis, C.A., Wainer, J., Goal-based models of collaboration, in: *Collaborative Computing*, 1(1) (1994).

[Emmerich et al., 1991] Emmerich, W., Junkermann, G., Schafer, W., MERLIN: Knowledge-based process modelling, in: Proceedings of the First European Workshop on Software Process Modelling, Milan, Italy, 1991.

[Eriksson et al., 2000] Eriksson, H-E. and Penker, M., Business Modeling with UML – Business Patterns at Work, Wiley, New York, NY, 2000.

[Espejo et al., 1989] Espejo, R., Harnden R. (eds). The Viable System Model : Interpretations and Applications of Stafford Beer's VSM, Wiley, Chichester, 1989.

[Etien, 2006] Etien, A., L'ingénierie de l'alignement : Concepts, Modèles, et Processus. La méthode ACEM pour la correction et l'évolution d'un système d'information aux processus d'entreprise, thèse de doctorat, 13 mars, 2006, Université Paris 1.

[Etien et al., 2006] Etien A., Rolland C., Salinesi C., A Meta-modelling Approach to Express Change Requirements. International Conference on Software Engineering and Data Technologies, Special session on Metamodelling, Setubal, Portugal, 2006.

[Etien et al., 2005a] Etien, A., Rolland, C., Measuring the fitness relationship, *Requirements Engineering Journal*, Springer, 10:3, pp. 184-197.

[Etien et al., 2005b] Etien, A., Salinesi, C., Managing Requirements in a Co-evolution Context, International Conference on Requirement Engineering (RE'05), IEEE Computer, Society Press, Paris, France, 2005, pp. 125-134.

[Faustmann, 1998] Faustmann, G., Enforcement vs. Freedom of Action-An Integrated Approach to Flexible Workflow Enactment. Workshop on Adaptive Workflow Systems. Conference on CSCW, 1998, Seattle, USA.

[Fahland et al., 2009] Fahland, D., Lubke, D., Mendling, J., Reijers, H., Weber, B., Weidlich, M., Zugal, S., Declarative versus Imperative Process Modeling Languages: The Issue of Understandability, EMMSAD'2009, LNBIP 29.

[Feblowitz et al., 1998] Feblowitz, M.D., Greenspan, S.J., Scenario-Based Analysis of COTS Acquisition Impacts, Requirements Engineering Journal, Volume 3, Number 3-4, pp. 182-201.

[Feigenbaum, 1984] Feigenbaum A.V. *Comment appliquer le contrôle total de la qualité dans votre entreprise*. Les éditions de l'Entreprise, 1984.

[Feiler et al., 1993] Feiler, P. H., and Humphrey, W. S., Software Process Development and Enactment: Concepts and Definitions, Proc. 2nd International Conference on Software Process (1993).

[Ferraiolo et al., 1992] Ferraiolo, D., Kuhn, R.. Role-Based Access Control. Proceedings of 15th NIST- NCSC National Computer Security Conference, pp. 554-563, Baltimore, MD, 1992.

[Ferraiolo et al., 2001] Ferraiolo, D., Sandhu, R., Gavrila, S., Kuhn, D.R., Chandramouli, R., NIST Standard for Role-Based Access Control. ACM Transactions on Information and System Security, 4(3), pp. 222-274, 2001.

[Fink et. al, 2007] Fink, G., & Holden, N. (2007). Cultural stretch: Knowledge transfer and disconcerting resistance to ab-sorption and application. In D. J. Pauleen (Ed.), *Cross-cultural perspectives on knowledge management* (pp. 67-80). Westport, Connecticut: Libraries Unlimited.

[Finkelstein et al., 1994] Finkelstein, A., Kramer, J., Nuseibeh, B. (eds), *Software Process Modelling and Technology*, (John Wiley Pub., 1994).

[Finkelstein et al., 1997] Finkelstein, A., Kramer, J., Goedicke, M., ViewPoint Oriented Software Development, in: *Proceedings of the Conference "Le Génie Logiciel et ses Applications"*, Toulouse (1990) 337-351.

[Firat et. al, 2005] Firat, A., Madnick, S., Manola, F.n Multi-dimensional Ontology Views via Contexts in the ECOIN Semantic Interoperability Framework, in P. Shvaiko, J. Euzenat, A. Leger, D. L. McGuinness and H. Wache (eds.) Contexts and Ontologies: Papers from the 2005 AAAI Workshop, AAAI Press, Menlo Park, California, pp. 1-8.

[Flood et. al, 1991] Flood, R.L., Jackson, M.C. *Creative Problem Solving. Total System Intervention*, John Wiley and Sons Ltd, 1991.

[Forrester et. al, 1978] Forrester, J.W., Senge, P.M., *Tests for Building Confidence in System Dynamics Models*, System Dynamics Group, Sloan School of Management, MIT, 1978 - 29 pages.

[Forrester, 2003] Forrester, J.W., Dynamic models of economic systems and industrial organizations. *System Dynamics Review*, 2003, vol. 19, n° 4, p. 331-345.

[Forrester, 2009] Forrester Research, Inc. September 2009 Global annual state of enterprise architecture online Survey.

[Forsyth, 2006] Forsyth, D.R., Group Dynamics, 4th Edition. Belmont, CA: Thomson Wadsworth, 2006.

[Fowler, 1997] Fowler, M., *Analysis Patterns: Reusable Object Models*, Addison-Wesley, 1997.

[Franckson et al. 1991] Franckson, M., Peugeot, C., Specification of the Object and Process Modeling Language, ESF Report n° D122-OPML-1. 0, 1991.

[Franklin et al. 2006] Franklin, S., Ferkin, M., An Ontology for Comparative Cognition: A Functional Approach, Comparative Cognition and Behavior Reviews, vol. 1, pp. 36-52, 2006.

[Gamma et al., 1995] Gamma, E., Helm, R., Johnson, R. and Vlissides, J. Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software, Addison-Wesley, Reading, MA, 1995.

[Gartner, 2009a] Gartner Group: Meeting the Challenge: The 2009 CIO Agenda. EXP Premier Report January2009. Gartner, Inc, Stamford, Connecticut (2009).

[Gartner, 2009b] http://www.silicon.fr/gartner-les-investissements-it-a-la-hausse-en-france-33457.html. Dernier accès 5 Novembre 2011.

[Gartner, 2010] http://www.gartnerinfo.com/ppmit2/PPM10Profile.pdf

[Gartner, 2010b] Gartner Reveals Five Business Process Management Predictions, Dernier accès, 5 novembre 2011, http://blogs.knowledgegenes.com/home/2010/03/gartner-reveals-five-business-process-management-predictions.html

[Gasser, 1990] Gasser, M., McDermott, E. An Architecture for practical Delegation in a distributed System, IEEE Computer Society Symposium on Research in Security and Privacy, 1990.

[Giaglis, 1999] Giaglis, G., Focus Issue On Legacy Information Systems and Business Process Change: On the Integrated Design and Evaluation of Business Processes and Information Systems. *Communication of the Association for Information Systems*. (2) 5, 1999.

[Giard, 2000] Giard V., "Besoins technologiques, outils de gestion et réseaux", *Revue Française de Gestion*, Juin-Juillet-Août 2000. pp. 5-20.

[Gilgeous, 1997] Gilgeous, V., *Operations and the Management of Change*, 1997, Pitman Publishing.

[Gilmore et al., 1984] Gilmore, D., Green, T., Comprehension and recall of miniature programs. International Journal of Man-Machine Studies 21(1) (1984), pp. 31-48.

[Giorgini et al., 2005] Giorgini, P., Massacci, F., Mylopoulos, J., Zannone, N. (2005). Modelling social and individual trust in requirements engineering methodologies. 3rd International Conference on Trust Management (iTrust 2005), Rocquencourt, France, 23-26 May 2005.

[Godet, 2000] Godet, M., The Art of Scenarios and Strategic Planning : Tools and Pitfalls. *Technological Forecasting and Social Change*, 2000, vol. 65, pp. 3–22

[Goedertier et al., 2006] Goedertier, S., Vanthienen, J., Designing compliant business processes with obligations and permissions. In the proceedings of the Business Process Management Workshops 2006, Eder and Dustdar (editors), 2006, pages 5–14.

[Goedertier et al., 2007] Goedertier, S., Haesen, R., Vanthienen, J., EM-BrA2CE v0.1 : A Vocabulary and Execution Model for Declarative Business Process Modeling, Open Access publications from Katholieke Universiteit Leuven.

[Goedvolk et al., 2000] Goedvolk, H., van Schijndel, A., van Swede, V., Tolido, R., The Design, Development and Deployment of ICT Systems in the 21st Century: Integrated Architecture Framework (IAF). Cap Gemini Ernst and Young, 2000.

[Goldberg, 2007] Goldberg, L.: Seven deadly sins of business rules. http://www.bpminstitute.org/articles/article/article/seven-deadly-sins.html. Dernier accès 16 octobre 1022 (Sept. 2007)

[Gotel et al., 1996] Gotel, O., Finkelstein, A., An Analysis of the Requirements Traceability Problem, in: Proceedings of the First IEEE International Conference ICRE'94, Colorado Springs, USA (1996).

[Granovetter, 1973] Granovetter, M.S., The Strength of Weak Ties. *American Journal of Sociology,* 1973, 78(6), pp. 1360-1380.

[Granovetter, 1983] Granovetter, M.S., The strength of weak ties: A network theory revisited. *Sociological Theory,* 1983, Volume 1, pp. 201-233.

[Grauvogel, 1989] Grauvogel J.M., *Le management de la qualité*, Hermès, Paris, 1989, 63 p.

[Green, 1977] Green, T., Conditional program statements and their comprehensibility to Professional programmers. Journal of Occupational Psychology 50 (1977), pp. 93-109.

[Green, 1989] Green, T.: Cognitive dimensions of notations. In Sutcli_e, A., Macaulay, L., eds.: People and Computers V, Proceedings. (1989) 443-460.

[Greenbaum et al., 1991] Greenbaum J., Kyng M., Design at Work: Cooperative Design of Computer Systems, Eds. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, 1991.

[Greiner, 1972] Greiner, L., Evolution and Revolution as Organizations Grow, *Harvard Business Review*, July-August 1972.

[Grover et al, 1994] Grover V., Segars A.H., Communications architecture: Towards a more robust understanding of information flows and emergent patterns of communication in organizations, *European Journal of Information Systems*, 4/1994,V.3, N°2, p.87-100.

[Grover et al, 1998] Grover, V., Teng, J., Segars, A., Fiedler, K., The influence of Information Technology diffusion and business process change on perceived productivity - The IS executive's perspective, Information & Management, 1998, N° 34, p.141-159.

[Grudin, 1994a] Grudin, J., *Computer-Supported Cooperative Work: History and focus*, in: IEEE Computer, Special CSCW, May, (1994).

[Grudin, 1994b] Grudin, J. Eight Challenges for Developers, Communications of the ACM 37(1), 93-105 (1994).

[Gruhn et al., 2007] Grunh, V., Laue, R.: What business process modelers can learn from programmers, Science of Computer Programming 65 (1) (2007) 4-13.

[Guengerich, 1992] Guengerich, S. (1992), Downsizing Information Systems, Sams Publishing.

[Guzelian et al., 2004] Guzelian, G., Cauvet, C., Ramadour, P., Conception et réutilisation de composants : une approche par les buts, INFORSID 2004, pp. 179-174

[Halleux et al., 2008] Halleux, P., Mathieu, L., & Andersson, B. (2008). A Method to Support the Alignment of Business Models and Goal Models. *Proceedings of 3rd International Workshop on Business/IT-Aligment and Interoperability (BUSITAL'08) CEUR Workshop Proceedings.*

[Hammer, 1990] Hammer M., Reengineering Work: Don't Automate Obliterate, *Harward Business Review*, Boston, Massachusetts, July-August, 1990, p. 104-111.

[Hammer et al., 1993] Hammer M. et Champy J., *Le reengineering : Réinventer l'entreprise pour une amélioration spectaculaire de ses performances*, Dunod, Paris, 1993, 256 p.

[Han, 1997] Han, J., Supporting Impact Analysis and Change Propagation in Software Engineering Environments, Proceedings of Workshop on Software Technology and Engineering Practice (STEP'97 / CASE'97), IEEE Computer Society Press, 1997, London, UK, pp. 172-182.

[Harel, 1988] Harel, D., On visual formalism, Communication of ACM, Vol 31, N° 5, May 1988, pp 514 - 530.

[Harel, 1990] Harel, D. STATEMATE: A working environment for the development of complex reactive systems, *IEEE Transactions on Software Engineering*, 16(4), 403-414, April 1990.

[Harmsen et al., 1994] Harmsen A.F., Brinkkemper J.N., Oei J.L.H.; *Situational Method Engineering for information Systems Project Approaches*, Int. IFIP WG8. 1 Conf. in CRIS series : Methods and associated Tools for the Information Systems Life Cycle (A-55), North Holland (Pub.), 1994.

[Harwell et al., 2000] Harwell, R., Aslaksen, E., Hooks, I., Mengot, R., Ptack, K. What is a requirement? In Software Require- ments Engineering, R. Thayer and M. Dorfman, Eds. IEEE Computer Society, Los Alamitos, CA., 2000, pp. 23–29.

[Hassine et al., 2002] Hassine, I., Rieu, D. Bounaas, F., Seghrouchni, O., Symphony: un modèle conceptuel de composants métier. Ingénierie des Systèmes d'Information, 2002 7(4), pp. 33-59.

[Hatchuel, 1994] Hatchuel, A., Coopération et conception collective. Variété et crises des rapports de prescription. In Terssac G. (de), Friedberg E. (coord.), Coopération et conception. Toulouse : Octares, 1996, p. 101-122.

[Hay, 1996] Hay, D. Data Model Patterns: Conventions of Thought, Dorset House, New York, 1996.

[Henderson et al., 1992] Henderson, J., Venkatramen, N., 1989. Strategic Alignment: A Model for Organisational Transformation through IT, in: Kochan, T., Unseem, M. (Eds.), 1992. Transforming Organisations. Oxford University Press.

[Henderson et al., 1993] Henderson, J.C., Venkatraman, N., Strategic Alignment: Leveraging information technology for transforming organizations, *IBM Systems Journal*, 1993 , 32(1): pp. 4–16, 1993.

[Henderson-Sellers et al., 1990] B. Henderson-Sellers and J.M. Edwards, The Object-oriented Systems Life-Cycle, *Communications of the ACM*, September (1990).

[Henninger, 1991] Henninger S., *Computer systems supporting cooperative work: a CSCW' 90 trip report* , ACM SIGCHI bulletin, july 1991,Vol.23, N°3, p. 25-28.

[Henricksen, et al., 2002] Henricksen, K., Indulska, J., Rakotonirainy, A., Modeling Context Information in Pervasive Computing Systems, Pervasive'02, Zurich (2002).

[Henry et al., 1997] Henry, M., Gladny "Access Control for Large Collections". *ACM Transactions on Information Systems*, 1997, 15(2), pp. 154-194.

[Herbst et al., 1999] Herbst, J., Karagiannis, D., An Inductive Approach to the Acquisition and Adaptation of Workflow Models. IJCAI'99 Workshop on Intelligent Workflow and Process Management: The New Frontier for AI in Business, 1999, pp. 52-57.

[Hidding, 1994] Hidding G.J., *Methodology information : who uses it and why not?*, Proc. WITS-94, Vancouver, Canada, 1994.

[Hill, 2010] Hill, J.B., Five Predictions for How BPM Will Evolve, http://www.documentmedia.com, dernier accès 5 novembre 2011.

[Hill et al., 2007] Hill, J.B., Cantara, M., Deitert, E., Kerremans, M., "Magic Quadrant for Business Process Management Suites," Gartner, Inc., Stamford, Connecticut Gartner Research Note G00152906, 2007.

[Hirschein et al., 1995] Hirschein, R., Klein, H., Lyytinen, K., *Information systems development and data modeling: conceptual and philosophical foundation*, Cambridge University Press, 1995.

[Holman et al., 2006] Holman, P., Devane, T., Cady, S., *The Change Handbook. The Definitive Resource on Today's Best Methods for Engaging Whole Systems*. Published by Berrett-Koehler Publishers.

[Hui et al., 2003] Hui B., Liaskos S., and Mylopoulos J. (2003*), Requirements Analysis for Customizable Software: A Goals-Skills-Preferences Framework*. IEEE Conference on Requirements Engineering, Monterey Bay, USA, pp. 117-126.

[Humprey, 1989] Humphrey, W. S. : Managing the Software Process, Addison-Wesley, 1989.

[Hung et al., 1998] Hung, K., Simons, T. and Rose, T. The Truth Is Out There ? : a survey of Business Objects, International Conference on Object Oriented Information Systems, Paris, France, Sept. 1998.

[Hutchins, 1991] Hutchins E., Organizing work by adaptation, *Organization Science*, Vol. 2, No. 1, Feb. 1991.

[IEEE, 2000] IEEE Standard 1471-2000 (IEEE Computer Society), dernier accès 5 novembre 2011, http://standards.ieee.org/findstds/standard/1471-2000.html

[IFEAD, 2005] Institute for Enterprise Architecture Developments, Trends in Enterprise Architecture 2005 : How are organisations progressing ?, 2005.

[Indulska et al., 2009] Indulska, M. Green, P. Recker, J. and Rosemann, M.: *Business process modeling: perceived benefits*. In: 28th International Conference on Conceptual Modeling, 9-12 November 2009, Gramado, Brazil.

[Indulska et al., 2003] Indulska, J., Robinson, R., Rakotonirainy, A., and Henricksen, K. 2003. Experiences in Using CC/PP in Context-Aware Systems. In Proceedings of the 4th international Conference on Mobile Data Management, January 21 - 24, 2003, Melbourne, Australia. (LNCS, 2003, Vol. 2574, pp.247-261).

[Irani, 2002] Irani, Z., Information Systems Evaluation: Navigating through the problem domain, *Information Management*, 2002, 40(1): pp. 11–24.

[Jablonski et al., 1996] Jablonski, S., Bussler, C., Workflow Management. Modeling Concepts, Architecture and Implementation, 1996, International Thomson Computer Press, London.

[Jacherri et al., 1992] Jacherri, L., Larseon, J.O., Conradi, R., Software Process Modelling and Evolution in EPOS, in: *Proceedings of the 4th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE'92),* Capri, Italy (1992).

[Jackson, 1995] Jackson M. Software Requirements and Specifications. A lexicon of practice, principles and préjudices, 1995, Addison Wesley Press.

[Jacob, 1994] Jacob G., Le reengineering de l'entreprise, Hermès, 1994.

[Jacobson et al., 1997] Jacobson I., Griss M., Johnsson P., Software Reuse: Architecture, Process and Organization for Business Success, Addison Wesley, New York, NY, 1997.

[Jacobson et al., 1992] Jacobson, I., Christerson, M., Jonsson, P. and Overgaard, G. *Object oriented software engineering – A use case driven approach*, Addison-Wesley, 1992.

[James, 2003] James, R., The ENB approach. Introduction to Change Management. ENB Consulting.

[Jarke, 1990] Jarke, M., DAIDA: Conceptual Modeling and Knowledge Based Support of Information Systems Development Process, *Technique et Science Informatiques*, 1990, 9 (2), p.122 -133.

[Jarke et al., 1992a] Jarke, M., Pohl, K., Information systems quality and quality information systems, in the Proceedings of the IFIP 8.2 Working Conference on the Impact of Computer Supported techniques on Information Systems Development, 1992, Minneapolis, NM.

[Jarke et al., 1992b] Jarke, M., Mylopoulos, J., Schmidt, J. W., Vassiliou, V., DAIDA – An Environment for Evolving Information Systems; ACM Trans. on Information Systems, Vol. 10, No. 1, 1992.

[Jarke et al., 1993] M. Jarke, K. Pohl, Requirements Engineering: An Integrated View of Representation, Process and Domain, Proceddings of the 4th European Software Conference, Springer Verlag, 1993.

[Jarke et al., 1999] Jarke, M., Rolland, C., Sutcliffe, A., Dömges, R., The NATURE of Requirements Engineering. Shaker Verlag. Aachen, 1999.

[Jarzabek et al., 1996] Jarzabek, S. and Ling, T.W., Model-based support for business reengineering, *Information and Software Technology*, 1996, Vol. 38 No. 5, pp. 355-74.

[Jof, 1993] Journal Officiel du 7/03/93 sur la terminologie de l'informatique.

[Johansen, 1988] Johansen R. *Groupware. Computer Support for Business Teams*, The Free Press, New York and London, 1988.

[Johansen et al., 1991] Johansen, R., Sibbet, D., Benson, S., Martin, A., Mittman, R., Saffo, P. *Leading Business Teams*, Addison-Wesley 1991.

[Jones, 1986] Jones, C., Programming productivity. New York, NY, USA: McGraw-Hill, Inc , 1986.

[Kaindl, 2000] Kaindl, H., *A design process based on a model combining scenarios with goals and functions*, IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetic, 30(5), pp. 537-551.

[Kaltz et al., 2005] Kaltz, J.W., Ziegler, J., Lohmann, S., Context-aware Web Engineering: Modeling and Applications, *Revue d'Intelligence Artificielle*, 2005, 19, 439-458.

[Kammer et al., 2000] Kammer, P.J., Bolcer, G.A., Taylor, R.N., Hitomi, A.S., Bergman, M., Techniques for supporting dynamic and adaptive workflow. *Journal of Computer Supported Cooperative Work*, 9(3-4), pp. 269–292, 2000.

[Kang et al., 1998] Kang K.C., Kim S., Lee J., Kim K., Shin E., Huh M., FORM: A Feature-Oriented Reuse Method with Domain-Specific Reference Architectures, *Annals of Software Engineering,* 5, 143-168, 1998.

[Kang et al., 1990] Kang K., Cohen S., Hess J., Novak W., Peterson S. : Feature-Oriented Domain Analysis (FODA) Feasibility Study, Technical Report CMU/SEI-90-TR-21, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Novembre 1990.

[Kaplan, 1990] Kaplan S.M., ConversationBuilder: An open architecture for cooperative work, Human-Computer Interaction, Interact '90, IFIP, 1990, p. 917-922.

[Kaplan et al., 1996] Kaplan, R.S., D.P. Norton, The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action, Harvard Business School Press, Boston, 1996.

[Kaplan et al., 2001] Kaplan, R.S, Norton, D.P., The strategy focused organization: How BSC organization thrive in the Business Environment. Harvard Business School Press, Boston, MA, 2001.

[Kardasis et al., 1998] Kardasis P., Loucopoulos, P., Aligning Legacy Information Systems to Business Processes, Proceedings of CAiSE'98, Pisa, Italy, pp. 25-40, 1998.

[Karsenty, 1994] Karsenty A., Le collecticiel : de l'interaction homme-machine à la communication homme-machine-homme, *Technique et sciences informatiques*, Volume 13, n° 1/1994, p. 105-127.

[Kautto-Koivula, 1998] Kautto-Koivula, K., The Pitfalls of Knowledge, Information Strategy, July-August 1998. The Economist, 1998.

[Kavakli, 2004] Kavakli, E., Modeling Organizational Goals: Analysis of Current Methods. *Proceedings of the 2004 ACM Symposium on Applied Computing (ACM SAC '04)*. Nicosia, Cyprus.

[Kavakli et al., 2003] Kavakli, E., & Loucopoulos, P. (2003). Goal Driven Requirements Engineering: Evaluation of Current Methods. *In Proceedings of the 8th CAiSE/IFIP8.1 Workshop on Evaluation of Modeling Methods in Systems Analysis and Design, EMMSAD.*

[Kearns et al., 2003] Kearns, G.S., Lederer, A.L., A Resource-Based View of Strategic IT Alignment: How knowledge sharing creates competitive advantage, *Decision Sciences*, 2003, 34(1), pp. 1–29

[Keepence et al., 1999] Keepence B., Mannion M., Using patterns to model variability in product families, *IEEE software,* Vol 16 N°4, Juillet/Aout 1999.

[Khomyakov et al., 2001] Khomyakov, M. and Bider, I. (2001) Achieving workflow flexibility through taming the chaos, 6th international conference on object oriented information systems (OOIS 2000), Springer-Verlag Berlin, pp. 85-92. Springer (2000), Reprinted in the *Journal of Conceptual Modeling*, August 2001.

[Khoshafian et al., 1992] Khoshafian, S., Baker, A.B., Abnous, R., Shepherd, K., *Collaborative work and work flow in*

intelligent offices, in: Intelligent Offices: Object-Oriented Multi-Media Information Management in Client/Serveur Architectures, Wiley 1992.

[Kiciman et al., 2000] Kiciman, E., Fox, A., Using Dynamic Mediation to Integrate COTS Entities in a Ubiquitous Computing Environment, in Proceedings of the 2nd Handheld and Ubiquitous Computing Conference, (HUC), 2000, pp. 211-226.

[King et al., 1999] King R.C., Shaw M.J., "Information Infrastructure for Enterprise Coordination and Integration: Introduction to the Special Issue", *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*, 9(1), pp. 1-5, 1999.

[Kirkby, 2005] Kirkby, J., Marketing is Change Management. White Waves Ltd. Dernier accès 5 novembre 2011, http://www.mycustomer.com

[Klein et al., 2000] Klein, M., Dellarocas, C., A Knowledge-Based Approach to Handling Exceptions in Workflow Systems. Computer-Supported Collaborative Work. Special Issue on Adaptive Workflow System, 9(3/4).

[Klingemann, 2000] Klingemann, J., Controlled flexibility in workflow management. 12th Int. Conf. on Advanced Information Systems Engineering (CAISE), Stockholm, Sweden, 2000, pp. 126-141.

[Knoll et al., 1994] Knoll, K., Jarvenpaa, S.L., Information technology alignment or "fit" in highly turbulent environments: the concept of flexibility, Proceedings of the computer personnel research conference on Reinventing IS, Alexandria, Virginia, United States, 1994.

[Koehler et al., 2006] Koehler, K., Thompson, S., Organizational Change Management : Embracing New Ways of Thinking. Government Advantage. Spring 2006, Crowe Chizek and Company.

[Kohliet et al., 1997] Kohliet, R., Hoadley, E. D., Business process re-engineering concepts and tools effectiveness: a survey of practitioners, *Knowledge and Process Management*. Vol. 4, Issue 4, Pages 278 - 285 (1997).

[Koliadis et al., 2006] Koliadis, G., Ghose, A., *Relating Business Process Models to Goal-Oriented Requirements Models in KAOS*. Advances in Knowledge Acquisition and Management, Pacific Rim Knowledge Acquisition Workshop, PKAW 2006, Guilin, China, August 7-8, 2006, Revised Selected Papers. LNCS 4303 Springer.

[Korherr, 2008] Korherr, B., Business Process Modelling Languages, Goals and variabilities. PhD thesis. Vienna University of Technology (2008).

[Korherr et al., 2007] Korherr, B., List, B.: Extending the EPC and the BPMN with Business Process Goals and Performance Measures. ICEIS (3), pp.287-29 (2007).

[Kotter, 1997] Kotter, J.P., Leading Change : Why transformation efforts fail, *IEEE Engineering Management Review*, Spring 1997.

[Koubarakis et al., 2000] Koubarakis, M., Plexousakis, D., A formal model for business process modelling and design. In Proceedings of Conference on Advanced Information System Engineering, pp. 142–156.

[Kradolfer et al., 1999] Kradolfer, M., Geppert, A., Dynamic workflow schema evolution based on workflow type versioning and workflow migration, Int. Conf. on Cooperative Information Systems, Edinburgh. IEEE Computer Society Press, 104-114.

[Krishna et al., 2004] Krishna, A., Ghose, A.K., Vilkomir, S., Co-Evolution of Complementary Formal and Informal Requirements, Proceedings of International Workshop on Principles of Software Evolution (IWPSE'04), Kyoto, Japan, pp. 159-164, 2004.

[Krüger, 2004] Krüger, W., Implementation : the core task of change management. Strategy, process, content, context. B de wit and R Meyer (eds). 3ème édition, 2004, London.

[Kueng et al. 1997] Kueng, P., Kawalek, P., Goal-based business process models: creation and évaluation, *Business Process Management Journal*, 1997, Vol. 3 Issue 1, pp.17 – 38.

[Kumar et al. 2002] Kumar, A., van der Aalst, W.M.P., Verbeek, H.M.W., Dynamic Work Distribution in Workflow Management Systems: How to Balance Quality and Performance? *Journal of Management Information Systems*, 2002, 18(3), pp. 157-193.

[Kunz et al. 1970] Kunz, W., Rittel, H., *Issues as elements of information systems*. Working Paper 131, Center for Urban and Regional Development, University of California Berkley, 1970.

[Kurzynski, 1987] Kurzynski M.J., Work-Flow Analysis, *Journal of Systems Management*, January 1987, p. 14-20.

[Kuwana et al., 1993] Kuwana E., Sakamoto Y., *Toward integrated support of synchronous and asynchronous communication in cooperative work*, Proc. of COOCS'93, ACM, Milpitas, California, 1-4 nov. 1993, p. 90-97.

[Lalanne, 1998] Lalanne, B., 100 ans de management, *L'essentiel du management*, N° 42, Août 1998.

[Lammel, 2004] Lämmel, R., Coupled Software Transformations, Proceedings of International Workshop on Software Evolution Transformation (SET2004), pp. 31-35, 2004.

[Lamsweerde, 2003] van Lamsweerde, A., From System Goals to Software Architecture In Formal Methods for Software Architectures, M. Bernardo & P. Inverardi (eds), LNCS 2804, Springer-Verlag, 2003, pp. 25-43.

[Lamsweerde, 2001] van Lamsweerde, A. (2001). Goal-Oriented Requirements Engineering: A Guided Tour. *5th International Symposium on Requirements Engineering, IEEE Computer Society Press.*

[Lamsweerde et al., 1998] van Lamsweerde, A., Darimont, R., & Letier, E. (1998). Managing Conflicts in Goal-Driven Requirements Engineering. *IEEE Trans. on Sofware Engineering, Special Issue on Inconsistency Management in Software Development*.

[Landtsheer et al., 2003] De Landtsheer, R., Letier, E., van Lamsweerde, A., Deriving Tabular Event-Based Specifications from Goal-Oriented Requirements Models, Proceedings of RE'03, IEEE International Conference on Requirements Engineering, Montgomery Bay, USA, 2003.

[Lankhorst, 2009] Lankhorst, M., Enterprise Architecture at Work: Modelling, Communication and Analysis, Springer, 2009.

[Lapouchnian, 2005] Lapouchnian, A., *Goal-Oriented Requirements Engineering: An Overview of the Current Research.* Department of Computer Science, University of Toronto.

[Laudon et al., 2009] Laudon, K.C., Laudon, J.P., Management Information Systems- Managing the digital firm. Pearson, 11th edition, 2009.

[La Rosa et al., 2010] La Rosa, M., Dumas, M., ter Hofstede, A.H.M, Mendling, J., Congurable Multi-Perspective Business Process Models. Information Systems (IS). 36(2), pp. 313-340. 2010. Elsevier B.V.

[Le Moigne, 1986] Le Moigne J-L., Vers un Système d'Information Organisationnel ?, *Revue Française de Gestion,* Novembre-Décembre 1986, pp. 20-31.

[Le Moigne, 1990] Le Moigne J-L., La modélisation des systèmes complexes, Dunod, 1990.

[Lee, 1991] Lee, J., Extending the Potts and Bruns Model for Recording Design Rationale, IEEE 13th International Conference on Software Engineering, Austin, Texas, May 1991.

[Lehman, 1987] Lehman, M.M., Process Models, Process Programs, Programming Support, in: *Proceedings of the 9th International Conference on Software Engineering*, (1987).

[Leopoldi, 2002] Leopoldi, R., IT service management - Change Management Methods and Implementation Best Practices. White Paper, RL Consulting. Dernier accès 5 novembre 2011, http://www.itsm.info/downloads.htm

[Le Roux et al., 2006] Le Roux, B., Paumier, J., *La gouvernance de l'évolution du SI – alignement et agilité*, Hermès-Lavoisier, 2006.

[Lesoume et al., 1996] Lesoume, J., Stoffaës, C., La prospective stratégique de l 'entreprise - Concepts et études de cas, 1996, Intereditions, Paris.

[Lévy, 1990a] Lévy P., *Les technologies de l'intelligence*, Éditions La Découverte, 1990a.

[Lévy, 1990b] Lévy P., "L'informatique ou les équipements collectifs de l'intelligence", *Transversales", Sciences et Culture,* No.°3, Avril 1990b. cité dans "Réseaux locaux et formes nouvelles d'organisation", *Notes de Recherche du GRASCE*, No. 90-14.

[Lewis et al., 1998] Lewis, P.S., Goodman, S.H., Fandt, P.M, Management : Challenges in the 21st Century Management, South-Western, 1998.

[Lewin, 1958] Lewin, K., Group Decision and Social Change, Readings in Social Psychology, E. Maccoby, T. Newcomb, E. Hartley (Eds), 1958, Hold, Rinehart & Winston, New York.

[Lientz et al., 2005] Lientz, B.P., Rea, K.P., *Breakthrough IT change management: how to get enduring change results*, 2005, Elsevier Butterworth-Heinemann, Owford, UK.

[Liu et al., 2004] Liu L., Pu C., and Ruiz D.D., A Systematic Approach to Flexible Specification, Composition, and Restructuring of Workflow Activities, *Journal of Database Management,* 2004, 15(1), p. 1-40.

[Lonchamp, 1993] Lonchamp, J., A structured Conceptual and Terminological Framework for Software Process Engineering, in: Proceedings of the International Conference on Software Process (1993).

[Loucopoulos, 1994] Loucopoulos P. (1994), The f^3 (from fuzzy to formal) view on requirements engineering. *Ingénierie des systèmes d'information*, Vol. 2 N° 6, pp. 639-655.

[Longépé, 2006] Longépé, C., Le projet d'urbanisation du SI - Cas concret d'architecture d'entreprise, 4ème édition, 2006, Dunod, Paris.

[Lorino, 1997] Lorino P., Les deux fonctions du pilotage de l'entreprise: coordination et équilibration, in Economie de la connaissance et organisations, Entreprises territoires, réseaux, sous la direction de B. Guilhon, P. Huard, M. Orillard, J-B. Zimmerman, Editions l'Harmattan, 1997.

[Loucopoulos et al., 1995] Loucopoulos, P., Kavakli, E., Enterprise Modelling and the Teleological approach to Requirements Engineering, in: *International Journal of Cooperative Information Systems*, 4(1) (1995).

[Lucena et al., 2008] Lucena, M., Santos, E., Silva, M.J., Silva, C., Alencar, F., Castro, J.F.B., Towards a Unified Metamodel for i*. 2nd IEEE International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS), Marrakech, Morocco, 2008.

[Luftman et al., 2004] Luftman, J., Maclean, E. R., Key issues for IT executives. MIS Quarterly Executive, 3, 2004, pp. 89-104.

[Luftman, 2000] Luftman, J.N., Assessing business-IT alignment maturity. *Communications of the Association for Information Systems*, Vol. 4, N°14, pp. 1-50, 2000.

[Luftman et al., 1999] Luftman, J., Papp, R., Brier, T., Enablers and Inhibitors to business-IT Alignment, *Communications of the AIS*, Volume 1, Issue 3es, March 1999.

[Luftman, 1996] Luftman, J. N., Competing in the Information Age, Oxford University Press, 1996.

[Luftman et al., 1996] Luftman, J., Papp, R., Brier, T., Business and IT in Harmony: Enablers and Inhibitors to Alignment, in Proceedings of American Conference of Information Systems, Phoenix, Arizona, USA, 1996.

[Lui et al., 2008] Lui, K.M., Chan, K.C.C., Software Development Rhythms: Harmonizing Agile Practices for Synergy, Wiley Interscience, 2008.

[Maes, 1999] Maes, R., Reconsidering Information Management through A Generic Framework. PrimaVera Working Paper, Universiteit Van Amsterdam, 1999.

[Maes et al., 2000] Maes, R., Rijsenbrij, D., V. , Truijens, O., Goedvolk, H., Redefining business – IT alignment through a unified framework, PrimaVera Working Paper, Universiteit Van Amsterdam, 2000.

[Mangan et al., 2003] Mangan, P., Sadiq, S., A constraint Specification Approach to Building flexible workflows. *Journal of Research and Practice in Information Technology*, 2003, 35(1).

[Marca et al., 1993] Marca, D.A. and McGowan, C.L. *IDEF0/SADT: Business Process and Enterprise Modeling*. San Diego, Eclectic Solutions, Inc., 1993.

[Mallet, 1971] Mallet R.A., La méthode informatique, Hermann, 1971.

[Malone et. al, 1994] Malone T.W, Crowston K., "The Interdisciplinary Study of coordination", ACM Computing surveys, 26, 1, pp. 87-119, 1994.

[Markovic et. al, 2008] Markovic, I., Kowalkiewicz, M., Linking Business Goals to Process Models in Semantic Business Process Modeling. 12th International IEEE Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC), 2008.

[Matthias et al., 2007] Matthias, B., Dustdar, S., Rosenberg, F., A survey on context-aware systems. *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, Inderscience Publishers, 2007, 2(4), June 2007.

[Maurer, 2004] Maurer, R., Tips for Leading Change. *The Journal for Quality and Participation Organizational change*, 2004,

[McBrien et. al, 1991] McBrien, P., Niézette, M., Pantazis, D., Seltveit, A.H, Sundin, U., Theodoulidis, B., Tziallas, G., Wohed, R., A Rule Language to Capture and Model Business Policy Specifications, in Proceedings of the Int. Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAISE'91), LNCS 498, Springer- Verlag.

[McCalman et. al, 1992] McCalman, J., Paton, R., Change Management : A Guide to Effective Implementation, 1992, Paul Chapman, London.

[McCarthy et. al, 1989] McCarthy, D. and Dayal, U. *The Architecture of an Active Data Base Management System*. Proceedings of the International Conference on the Management of Data, Portland, Oregon SIGMOD RECORD, Vol.18, No. 2, June 1989.

[McCarthy et. al, 1993] McCarthy, D.R., Sarin, S.K., Workflow and transactions in InConcert, in: Bulletin of Technical Committee on Data Engineering, 16(2) IEEE, Special Issue on Workflow and Extended Transactions Systems (1993).

[McCready, 1992] McCready, S. (1992) There is more than one kind of workflow software. *Computerworld*, November 1992.

[McDonald, 2003] McDonald, D.W., Recommending collaboration with social networks: a comparative evaluation. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (Ft. Lauderdale, Florida, USA, 2003, CHI '03. ACM, New York, NY, pp. 593-600.

[McLean et al., 1977] McLean, E.R., Soden, J.V., *Strategic Planning for MIS*, New York: Wiley, 1977.

[McLean et al., 1989] McLean, A., Moran, T., Young R.M., *Design Rationale: The argument behind the artifact*, *CHI'93 Conference Proceedings*, ACM, Mai 1989, p. 247-256.

[McLean et al., 1991] McLean, A., Young, R.M., Bellotti, V.M.E, et Moran, T.P. Questions, Options and Criteria : Elements of Design Space Analysis. *Human-Computer Interaction*. 1991, Vol. 6, pp. 201-250.

[Medina-Mora et al., 1992] Medina-Mora R., Winograd T., Flores R. et Flores F., *The Action Workflow Approach to Workflow Management Technology*, Proceedings of CSCW'92, ACM, Toronto, Canada, 31 October - 4 November 1992, p. 281-288.

[Melão et al., 2000] Melão N., Pidd M., "A conceptual Framework for Understanding Business Processes and Business Process Modelling", *Information Systems Journal*, 10, pp.105-129, 2000.

[Mendling et al., 2008] Mendling, J., Verbeek, H., Dongen, B., van der Aalst, W., Neumann, G., Detection and prediction of errors in EPCs of the SAP reference model, *Data and Knowledge Engineering* 64(1),2008), 312-329.

[Mikalsen et al., 2004] Mikalsen, M., Kofod-Petersen, A., Representing and Reasoning about Context in a Mobile Environment, in S. Schulz and T. Roth-Berghofer (eds.) Proceedings of the First International Workshop on Modeling and Retrieval of Context, CEUR, 2004, Ulm, Germany, pp. 25-35.

[Mitleton et al, 2000] Mitleton-Kelly, E., Papaefthimiou, M.C., Co-evolution & an enabling infrastructure: a solution to legacy?, Systems engineering for business process change' P. Henderson (editor), Springer-Verlag, 2000, ch. 14.

[Moeller, 2007] Moeller, R., COSO enterprise risk management: understanding the new integrated ERM framework, Ed. Joh Wiley and Sons, 2007.

[Moisand, 2009] Moisand, D., Garnier de Labareyre, F., CobiT Pour une meilleure gouvernance des systèmes d'information, Eyrolles, Paris, 2009.

[Molina et al., 1998] Molina, A., Sanchez, J.M., Kusiak, A., Handbook of Life Cycle Engineering : Concepts, Models, and Technologies, 1998, pp. 187-188, Kluwer Academics Publishers.

[Moody, 2005] Moody, D.L., Theoretical and practical issues in evaluating the quality of conceptual models: current state and future directions. Data Knowl. Eng. 55(3): 243-276 (2005).

[Muller, 1997] Muller P.A., Modélisation objet avec UML. Editions Eyrolles, 1997.

[Morrison et al., 1998] Morrison, J., Olfman, L., Organizational Memory, Proceedings of the 3d Annual Hawaii International Conference on Systems Science, 1888, IEEE Computer Society.

[Mylopoulos, 1999] Mylopoulos, J., Chung, L., Yu, E.S.K., From Object-Oriented to Goal-Oriented Requirements Analysis. *Communications of the ACM*, 1999, 42(1), pp. 31-37.

[Nadin et al., 1987] Nadin, M., Novak, M., MIND: A Design Machine, Conceptual Framework, *Intelligent CAD Systems I* (Springer Verlag, 1987).

[Nadler, 1993] Nadler, D. A., Concepts for the Management of Organisational Change - Managing Change, C. Mabey and B. Mayon-White (Eds), Paul Chapman Publishing and The Open University, 1993, London.

[Naffah, 1994] Naffah N., *Workflow: Etat de l'art et évolution*, Actes de conférences IT FORUM'94, Télécom Paris, Paris, 8 - 11 Février, 1994.

[Nagaratnam et. al, 2001] Nagaratnam, N., Lea, D. Secure Delegation for Distributed Object environments, USENIX Conference on Object Oriented Technologies and Systems. 1998.

[Nagypal et. al, 2001] Nagypal, G., Fischer, F., Straub, U, Weiss, P., et Nikolai, R. Integrating Workflow and Groupware Functionalities for Co-operating Small and Medium Sized Enterprises : A Case Study. Seventh International Workshop on Groupware (CRIWG'01), Darmstadt, Germany.

[Neiger et al., 2004a] Neiger, D., & Churilov, L., Goal-Oriented Business Process Engineering Revisited: a Unifying Perspective. *in Proceedings of The First International Workshop on ComputerSupported Activity Coordination (CSAC 2004)*.

[Neiger et. al, 2004b] Neiger, D., and Churilov, L., Goal-Oriented Business Process Modeling with EPCs and Value-Focused Thinking, LNCS Vol. 3080, 2004, pp. 98-115.

[Nelson et. al, 1997] Nelson, K.M., Nelson, H.J., Ghods, M., Technology flexibility: conceptualization, validation, and measurement 30th Annual Hawaii Int. Conference on System Sciences (HICSS-30)-Volume 3, January 7-10, 1997.

[Nickols, 2003a] Nickols, F., Four change management strategies. Dernier accès 5 novembre 2011, http://www.nickols.us/four_strategies.pdf

[Nickols, 2003b] Transition Management : tips for managers in times of change. Dernier accès 5 novembre 2011, http://www.nickols.us/transitionmanagement.pdf

[Nicolay et. al, 1999] Nicolay, A. M, Worren, M. R., Moore, K., From Organizational Development to Change Management. The Emergence of a New Profession, *The Journal of Applied Behavioural Science*, Vol. 35 No. 3, September 1999, pp. 273-286. Oxford University.

[Nilsson et. al, 1999] Nilsson, A.G., Tolis, C., Nellborn, C. eds. (1999). Perspectives on Business Modeling. Understanding and Changing Organizations. Springer, Heidelberg.

[Noirault, 2008] Noirault, C. ITIL mise en pratique illustrée, version 3, Les meilleures pratiques de gestion d'un service informatique Eni Eds, 2008, Paris.

[Nonaka et. al, 1995] Nonaka, I., Takeuchi, H., The Knowledge-Creating Company : How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation. Oxford University press, 1995.

[Nonaka et. al, 2009] Nonaka, I., & von Krogh, G. (2009). Tacit knowledge and knowledge conversion: Controversy and ad-vancement in organizational knowledge creation theory. *Organization Science, 20*(3), 635-652.

[Ogata et al., 2001] Ogata, H., Yano, Y., Furugori, N., Jin, Q., Computer Supported Social Networking For Augmenting Cooperation. Computer Supported Cooperative Work, 2001, 10(2), pp. 189-209.

[Olle et al., 1988] T. W. Olle, J. Hagelstein, I. MacDonald, C. Rolland, F. Van Assche, A. A. Verrijn-Stuart, Information Systems Methodologies : A Framework for Understanding, Addison Wesley (Pub.), 1988.

[OMG, 2002] Meta Object Facility (MOF) Specification, Version 1.4, April 2002. Object Management Group. http://www.omg.org/spec/MOF/1.4/PDF/. *Dernier accès 10 octobre 2011.*

[OMG, 2002] OMG, "Meta Object Facility (MOF) Core Specification, Version 2.0," January 2006.

[OMG, 2007] http://www.omg.org/spec/UPDM/1.0/. *Dernier accès 10 novembre 2011.*

[OMG-BPM, 2011] http://www.omg.org/technology/documents/br_pm_spec_catalog.htm. *Dernier accès 16 octobre 2011.*

[Ommering, 2002] Ommering R.V., *Building product populations with software components*, *International Conference on Software Engineering,* ICSE'02, 19-25 May 2002, Orlando, Florida, 2002.

[OWL-S, 2006] The OWL Services Coalition, 2006, http://www.w3.org/Submission/OWL-S/, *Dernier accès 22 novembre 2011*

[Osterweil, 1991] Osterweil, L., Software processes are software too, in: Proceedings of the 9th International Conference on Software Engineering, IEEE Computer Society, Washington, DC (1987) 2-13.

[Ould, 1995] Ould, M. (1995), *Business Processes: Modelling and Analysis for Re-engineering and Improvement*, John Wiley & Sons, New-York.

[Ovum, 1991] Société OVUM, Workflow Management Software. 1991, 198 p.

[Palmer, 07] Palmer, N. A survey of business process initiatives. http://www.wfmc.org/Download-document/A-Survey-of-Business-Process-Initiatives.html, *dernier accès 9 octobre 2011.*

[Palermo et al., 1992] Palermo, A.M. et McCready, S.C., Workflow software: A primer, Proceedings of the Conference Groupware'92, London, 1992, p. 155-159.

[Papazoglou et al., 2000] Papazoglou, M.P., Van den Heuvel, W.J. (2000) *Configurable Business Object for building evolving entreprise models and applications* in vand er Aalst, Desel and Oberweis (eds) BusinessProcess Management. Springer.

[Pearce et al., 1996] Pearce, G.L., Osmond, C.P., Metaphors for Change: the APLs Model of Change Management. *Organizational Dynamics*, Winter 1996, Vol. 24, Issue 3.

[PeCUSI, 2007] Atelier "Prise en Compte de l'Utilisateur dans les Systèmes d'Information" associé à la conférence INFORSID'07, 22 Mai 2007, Perros-Guirec, France.

[Pesic et al., 2006] Pesic, M., van der Aalst, W.M.P., A Declarative Approach for Flexible Business Processes Management. Workshop on Dynamic Process Management (DPM 2006) Business Process Management Workshops 2006, pp. 169-180.

[Pesic et al., 2007] Pesic, M., van der Aalst, W.M.P., Modeling work distribution mechanisms using Colored Petri Nets, *International Journal on Software Tools for Technology Transfer*, 2007, 9(3-4), pp. 327-352.

[Peterson, 1977] Peterson, J. L., "Petri Nets". ACM Computing Surveys, 1977, 9 (3): 223–252.

[Petri, 1962] Petri, C.A., Kommunikation mit Automaten. Ph. D. Thesis. University of Bonn, 1962.

[Pettigrew et al., 1991] Pettigrew, A., Whipp R., Managing change for competitive success, 1991, Basil Blackwell, Oxford.

[Pigoski, 1997] Pigoski, T.M., Practical software maintenance - Best practices for managing your software investment. New York: John Wiley & Sons, 1997.

[Pinto et al., 1996] Pinto, J.K., Kharbanda, O.P., How to fail in project management (Without really trying). Business Horizons, 1996, 39(4), p. 45.

[Ploesser et al., 2009] Ploesser, K., Peleg, M., Soffer, P., Rosemann, M. and Recker, J. Learning from Context to Improve Business Processes. *BPTrends*, January 2009.

[PMI, 2010] Project Management Institute, A Guide to the Project Management Body of Knowledge: (PMBOK Guide), 4ème édition, Ed. PMI, 2010.

[Pohl et al., 2005] Pohl K., Bockle G., Linden F.V.D., Software Product Line Engineering: Foundations, Principles, and Techniques, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2005.

[Pohl, 1996] Pohl., K., PRO-ART: An Environment for Enabling Requirements Traceability. Proceedings of the 2nd International Conference on Requirements Engineering, Colorado Springs, Colorado, USA, 1996.

[Porter, 1979] Porter, M.E., How Competitive Forces Shape Strategy, *Harvard Business Review*, March/Apr. 1979, 57 (2), 137-145.

[Porter, 1985] Porter, M.E., Competitive Advantage. 1985, The Free Press. New York.

[Porter, 1996] Porter, M.E., What is Strategy?, Harvard Business Review, 1996 Nov-Dec, 61–78.

[Porter, 2008] Porter, M.E., The Five Competitive Forces That Shape Strategy, *Harvard Business Review*, January 2008, pp. 79-93.

[Potts, 1997] Potts, C., Fitness for use: the system quality that matters most. International Workshop on Requirements Engineering: Foundations of Software Quality REFSQ'97 , Barcelona, pp. 15-28

[Potts et al., 1994] Potts, C., Takahashi, K., and Antòn, A. I. (1994), Inquiry-based requirements analysis, *IEEE Software* 11(2), 1997, pp. 21-32.

[Potts et al., 1988] Potts, C., Burns, G., Recording the reasons for design decisions, 10th International Conference on Software Engineering (ICSE '1988), pp. 418-427.

[Potts, 1989] Potts, C., A Generic Model for Representing Design Methods, Proc. 11th International Conference on Software Engineering, 1989.

[Prat, 1997] Prat, N., Goal Formalisation and Classification for Requirements Engineering, 3erd. International Workshop on Requirements Engineering: Foundations of Software Quality (REFSQ'97), Barcelona Spain, 1997, pp. 145-156.

[Price, 1995] Price Waterhouse Change Integration Team, Better Change: Best Practices for Transforming Your Organisation, 1995, Irwin, Burr Ridge, Illinois.

[Prieto-Diaz et al., 1987] Prieto-Diaz, R., Freeman, F., Classifying software reusability, *IEEE Software*, 1987, 4(1), January.

[Puhlmann et al., 2005] Frank Puhlmann, Arnd Schnieders, Jens Weiland, Mathias Weske. *Variability Mechanisms for Process Models*. PESOA-Report No. 17/2005, DaimlerChrysler, Research and Technology, Hasso-Plattner-Institut, June 2005.

[Queensland, 2005] Queensland Government, Shared Service Initiative Change Management Framework, http://www.qld.gov.au/sharedservices

[Ralyte et al., 2001] Ralyte, J., Rolland, C., An assembly process model for method engineering", International Conference on Advanced information Systems Engineering (CAISE), Interlaken, Switzerland, June 2001.

[Ramadour et al., 2002] Ramadour, P., Cauvet, C., Approach and Model for Business Components Specification, DEXA 2002, pp. 628-637.

[Ramage et al., 1998] Ramage, M., Bennett, K., Maintaining maintainability, in Proceedings of the International Conference on Software Maintenance, 16-20 November 1998, pp. 275-281.

[Ramesh et al., 1992] Ramesh, B., Dhar, V. (1992) Supporting Systems Development by Capturing Deliberations During Requirements Engineering, *IEEE Transactions on Software Engineering*, 18:6.

[Ramesh, 1993] Ramesh, B., A Model of Requirements Tracebility for Systems Development, Tech. report, Naval Postgraduate School, Monterey, CA, September 1993.

[Ramesh, 1995] Ramesh, B., Powers, T., Stubbs, C., and Edwards, M.(1995), Implementing requirements traceability: a case study, in Proc. of the 2nd Symposium on Requirements Engineering (RE'95), pp. 89-95, UK.

[Ransom et al., 1998] Ransom, J., Somerville, I., Warren, I., A method for assessing legacy systems for évolution, in Proceedings of the Second Euromicro Conference on Software Maintenance and Reengineering, 8-11 March 1998, pp. 128-134.

[Recker, 2009] Recker, J., Opportunities and Constraints: The Current Struggle with BPMN. *Business Process Management Journal,* 16, 1 (2010).

[Recker, et al., 2007] Recker, J., Indulska, M., Green, P.: Extending Representational Analysis: BPMN User and Developer Perspectives. The 5th International Conference on Business Process Management, Brisbane, Australia, 24-28 September 2007.

[Regev et al., 2004] G. Regev, A. Wegmann, Remaining Fit: On the Creation and Maintenance of Fit, Proceedings of the BPMDS'04 Workshop on Creating and Maintaining the Fit between Business Processes and Support Systems, Riga, Latvia, pp. 131-137, 2004.

[Regev et al., 2005] Regev, G., Wegmann, A., A Regulation-Based View on Business Process and Supporting System Flexibility, Proceedings of the BPMDS'05 Workshop in conjunction with CAISE'05, June 12-17, 2005, Porto, Portugal, 91-98.

[Regev et al., 2007] Regev, G., Bider, I., Wegmann, A.: Defining business process flexibility with the help of invariants. Software Process: Improvement and Practice, vol. 12, n. 1 (2007) 65-79.

[Reich et al., 1996] Reich, B.H., Benbasat, I., Investigating the linkage between Business and Information Technology objectives, *MIS Quaterly*, 1996, 20(1), pp. 55-81.

[Reich et al., 2000] Reich, B.H., Benbasat, I., Factors that influence the Social Dimension of Alignment between business and Information Technology Objectives, *MIS Quaterly*, 2000, 24(1), pp. 81-113.

[Reich et al., 2003] Reich, B.H., Nelson, K.M., In Their Own Words: CIO Visions About the Future of In-House IT Organizations. ACM SIGMIS Database, 34(4), pp. 28-44, 2003.

[Reichert et al., 1998] Reichert, M., Dadam, P., ADEPTflex: Supporting Dynamic Changes of Workflow without Loosing Control. *Journal of Intelligent Information Systems*, 1998, 10(2), pp. 93–12.

[Reinhardt, 1993] Reinhardt, A. *Smarter E-Mail is coming: Rebuilding your business processes to take advantage of E-Mail promises*, Byte, March (1993) 90-108.

[Reijswood et al., 1999] Reijswood, V. (van), Mulder Hans, B.F. et Dietz Jan L.G., "Communicative action-based business process and information systems modeling with DEMO. *Information Systems Journal*, Vol. 9, N° 2 (1999) 117-138.

[Reix, 2004] Reix, R., *Systèmes d'information et management des organisations, Vuibert, 5ème édition, 2004.*

[Rinderle et al., 2004] Rinderle, S., Reichert, M., Dadam, P., Correctness Criteria For Dynamic Changes in Workflow Systems : A Survey. *Data and Knowledge Engineering*, 2004, 50(1), pp. 9–34.

[Robbins, 1990] Robbins, P., *Organization theory,* Englewood Cliffs, 1990

[Robinson, 1996] Robinson, W.N., Goal-Oriented Workflow Analysis and Infrastructure, NSF Workshop on Workflow & Process Automation, 1996, Athens, GA.

[Rodden et al., 1998] Rodden T., Cheverst, K., Davies, K., Dix, A. Exploiting context in HCI design for mobile systems. In Proceedings of the Workshop on Human Computer Interaction with Mobile Devices, 1998, Glasgow, Scotland.

[Rolland, 1993] Rolland, C. Modeling the Requirements Engineering Process, Proceedings of the 3rd European-Japanese Conference on Information Modelling and Knowledge Bases, IOS Press, 1993.

[Rolland et al., 1994] Rolland, C., and Grosz, G., A General Framework for Describing the Requirements Engineering Process, in: *Proceedings of the IEEE Conference on Systems Man and Cybernetics, CSMC94*, San Antonio, Texas, 1994.

[Rolland et al., 1995] Rolland, C., Souveyet, C. and Moreno, M. "An approach for defining ways-of-working", in *Information Systems Journal*, Vol. 20, N° 4, (1995).

[Rolland, 1997] Rolland, C., "A primer for method engineering", Congrès INFORSID'97, Toulouse, France.

[Rolland, 1998] Rolland, C., A Comprehensive View of Process Engineering, International Conference on Advanced information Systems Engineering (CAISE), Lecture Notes in Computer Science 1413, B. Pernici, C. Thanos, Pisa, Italy, June 1998.

[Rolland et al., 1998] Rolland, C., Souveyet, C., and Ben Achour, C. (1998), Guiding goal modelling using scenarios. *IEEE Transactions on Software Engineering*, Special Issue on Scenario Management, 24(12)

[Rolland et al., 1999] C. Rolland, N. Prakash, A. Benjamen, A Multi-Model View of Process Modelling, *Requirements Engineering Journal*, p. 169-187, 1999.

[Rolland et al., 1999b] Rolland, C., Grosz, G., and Kla, R. (1999), *Experience with goal-scenario coupling in requirements engineering*, Proceedings of the Fourth IEEE International Symposium on Requirements Engineering, Limerik, Ireland

[Rolland, 1999] Rolland, C., Requirements Engineering for COTS based Systems, *Journal of Information and Software Technology*, Elsevier, N° 41, p. 985-990.

[Rolland et al., 2000] Rolland, C. and Prakash, N. (2000), Bridging the gap between organisational needs and ERP functionality, *Requirements Engineering Journal*, Vol. 5 No. 3, pp. 180-93.

[Rolland et al., 2001] Rolland, C. and Prakash, N., "Matching ERP system functionality to Customer requirements", Proc. of the 5th IEEE International Symposium on Requirements Engineering, Toronto, 2001, pp. 66-75.

[Rolland et al., 2004] Rolland, C., Salinesi, C. and Etien, A., Eliciting gaps in requirements change, *Requirements Engineering Journal*, 2004, 9(1), pp. 1-15.

[Rolland et al., 2005] Rolland, C., and Salinesi, C., Modeling Goals and Reasoning with Them, *Engineering and Managing Software Requirements (EMSR)*, A. Aurum, C. Wohlin (editeurs), Springer Verlag, 2005.

[Rolland et al., 2007a] Rolland, C., and Prakash, N.: On the Adequate Modeling of Business Process Families. The 8th Workshop on Business Process Modeling, Development, and Support (BPMDS'07), held in conjunction with CAiSE'07 (2007).

[Rolland et al., 2007b] Rolland, C., Prakash, N., and Kaabi, R.S., Variability in Business Process Families, IRMA (Information Resources Management Association) International Conference, May 19-23, 2007, Vancouver, British Columbia, Canada.

[Rose et al., 1991] Rose, T., Jarke, M., Gocek, M., Maltzahn, C., Nissen, H. W., A Decision-based Configuration Process Environment, IEEE Software Engineering Journal, 6, 3, 1991.

[Rosemann et al., 2004] Rosemann, M., Vessey, I., Weber, R., Alignment in Enterprise Systems Implementations: The Role of Ontological Distance, In Proceedings of the International Conference of Information Systems, Washington, D.C., USA, 12-15 December, pp. 11-19, 2004.

[Rosemann et al., 2006a] Rosemann, M., Recker, J., Context-aware Process Design Exploring the Extrinsic Drivers for Process Flexibility, 7th Workshop on Business Process Modeling, Development, and Support (BPMDS'06), CAiSE'06, Luxembourg (2006).

[Rosemann et al., 2006b] Rosemann, M., Recker, J.,Christian, F., Ansell, P., Understanding Context-Awareness in Business Process Design. In Spencer, Su and Jenkins, Adam, Eds. Proceedings 17th Australasian Conference on Information Systems, 2006, Adelaide, Australia.

[Rosemann et al., 2007] M. Rosemann and W. M. P van der Aalst. A Configurable Reference Modelling Language. *Information Systems*, 32(1):1-23 (2007).

[Rosemann et al., 2008] Rosemann, M., Recker, J., Flender, C.: Contextualization of Business Processes. *International Journal of Business Process Integration and Management*, (2008) Vol. 3, No. 1, pp. 47-60.

[Ross, 1985] Ross D.T., 'Douglas Ross talks about Structured Analysis'*, IEEE Computer,* 80-88, July 1985.

[Roy et al., 2004] Roy, P.V., Haridi, S.: Concepts, Techniques, and Models of Computer Programming. MIT Press (2004)

[Royce, 1970] Royce, W.W., Managing the Development of Large Software Systems, in: Proceedings of the IEEE WESCON (1970).

[Rozinat et al., 2005] Rozinat, A., van der Aalst, W.M.P., Conformance Testing: Measuring the Alignment Between Event Logs and Process Models. BETA Working Paper Series, WP 144, Eindhoven University of Technology, Eindhoven (2005).

[Rumbaugh et al., 1991] Rumbaugh J., Blaha M., Premerlani W., Eddy F. and Lorensen W., *Object oriented modelling and design*, Prentice-Hall, 1991.

[Rummler et al., 1995] Rummler, G.A. and Brache, A.P., Improving Performance, Jossey-Bass Publishers, Indianapolis, IN, USA, 1995.

[Rupietta, 1994] Rupietta, W., Organization Models for Cooperative Office Applications, in the Proceedings of the Database and Expert Systems Applications (DEXA'94), Greece, LNCS 856, Springer-Verlag.

[Russell et al., 2004] Russell, N., ter Hofstede, A.H.M., Edmond, D., van der Aalst, W.M.P., Workfow Data Patterns, Technical report, Queensland University of Technology, 2004.

[Russell et al., 2005] Russell, N., van der Aalst, W.M.P., ter Hofstede, A.H.M., Edmond, D., Workflow Resource Patterns: Identification, Representation and Tool Support, Proceedings of the 17th Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE'05).

[Russell et al., 2006] Russell N., ter Hofstede A.H.M., van der Aalst W.M.P., Mulyar N., Workflow Control-Flow Patterns : a revised review, BPM Center Report BPM-06-22 , BPMcenter.org

[Russo et al., 1995] Russo, N.L., Wynekoop, J.L., The use and adaptation of system development methodologies, Managing Information & Communications in a Changing Global Environment: Proceedings of the Information Resources Management Association International Conference, Idea Group Publishing, Atlanta, USA, May 1995, p. 162.

[Sabherwal et al., 2001] Sabherwal, R., Chan, Y.E., Alignment between Business and IS Strategies: A study of prospectors, analyzers, and defenders, *Information Systems Research*, 2001, 12(1): pp. 11-33.

[Sadiq et al., 2005] Sadiq, S.W., Orlowska, M.E., Sadiq, S.W. (2005) Specification and validation of process constraints for flexible workflows. *Information Systems*, 30(5) 349–378.

[Sadiq et al., 1999] Sadiq, S.W and Orlowska, M.E., Architectural Considerations in Systems Supporting Dynamic Workflow Modification. Workshop on Software Architectures for Business Process Management at CAiSE 1999, Heidelberg, Germany. June 14-18.

[Saidi, 2009] Rajaa Saidi. Conception et usage des composants métier processus pour les systèmes d'information. Thèse en co-tutelle Institut Polytechnique de Grenoble - Université Mohamed V-Agdal Rabat. 26 sept. 2009.

[Salinesi et al., 2003] Salinesi, C. and Rolland, C., Fitting business models to systems functionality exploring the fitness relationship, Proceedings of the 15th Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE'03), Klagenfurt/Velden, pp. 647-64.

[Salinesi et al., 2002b] Salinesi, C. and Wayrynen, J., "A methodological framework for understanding IS adaptation through enterprise change", Proceedings of the 8th International Conference on Object-oriented Information Systems (OOIS'02), Montpellier, pp. 211-22.

[Sandhu et al., 1999] Sandhu, R., Bhamidipati, V., Munawer., Q., The ARBAC97 Model for Role-Based Administration of Roles. *ACM Transactions on Information and System Security,* Vol. 2, No. 1, Feb. 1999.

[Sawyer, 2004] Sawyer, S., Software development teams. *Communications of ACM*, 2004, 47, pp.95-99.

[Scarbrough et al., 2001] Scarbrough, H., Swan, J., Explaining the diffusion of knowledge management : the role of fashion, *British Journal of Management*, Vol. 12, 2001 pp. 3-12.

[Schaad et al., 2002] Schaad, A., Moffett, J. Delegation of Obligations, 3rd IEEE International Workshop on Policies for Distributed Systems and Networks, 2002.

[Scheer et al., 2000] Scheer, A.-W., Nüttgens, M., ARIS architecture and reference models for business process management, *Business Process Management*, Van de Aast W, Desel J., Oberweis A. (eds), Springer, 2000.

[Scheer et al., 2002] Scheer, A.W., Jost, W. and Abolhassan, F. (2002), Business Process Excellence: Aris in Practice, Springer-Verlag, Berlin.

[Schekkerman, 2006] Schekkerman J., How to Survive in the Jungle of Enterprise Architecture Frameworks, Trafford, Third edition, 2006.

[Schilit et al., 1994] Schilit, B.N., Theimer, M.M., Disseminating Active Map Information to Mobile Hosts, *IEEE Network*, 1994, 8, pp. 22-32.

[Schmidt, 2005] Schmidt, R., Flexible Support of Inter-Organizational Business Processes Using Web Services. Proceedings of the CAiSE'05 Workshop, p. 51-58.

[Schöenherr, 2008] Schöenherr, M., Towards a Common Terminology in the Discipline of Enterprise Architecture, ICSOC 2008, LNCS 5472, pp. 400–413, 2009.

[Scott Morton, 1991] Scott Morton, M.S. (editor), The Corporation of the 1990s: Information technology and organizational transformation, London: Oxford Press, 1991.

[Searle, 1969] Searle, J.R., *Speech acts*, Cambridge University Press, 1969.

[Searle, 1975] Searle, J.R., *A taxonomy of illocutionary acts,* K. Gunderson (Ed.), *Language, mind and knowledge*, Minneapolis, University of Minnesota Press, 1975, p. 334 - 369.

[SEI, 2006] SEI, CMMI for Development – version 1.2, Software Engineering Institute, 2006, dernier accès 20 octobre 2012, http://www.sei.cmu.edu/pub/documents/06.reports/pdf/06tr008.pdf.

[Seligmann et al., 1989] Seligmann, P.S., Wijers, G.M., Sol, H.G., Analysing the structure of I. S. methodologies, an alternative approach, in: Proceedings of the First Conference on Information Systems, Amersfoort, The Netherlands, 1989.

[Semmak, 1998] Semmak, F., Réutilisation de composants de domaine dans la conception des systèmes d'information, Thèse de doctorat, Université de Paris 1, Février 1998.

[Shi et al., 2003] Shi, D. and Danies, R.L. (2003) A survey of Manufacturing Flexibility : Implications For E-Business Flexibility", IBM Systems Journal 42(3), pp. 414-427.

[Siebert, 1998] Siebert R., An Open Architecture for Adaptive Workflow Management Systems. International Workshop on Issues and Applications of Database Technology (IADT'98). Berlin, July 1998.

[Sienou et al., 2007] Sienou, A., Lamine, E., Pingaud, H., Intégration de la gestion de processus et de la gestion des risques: vers un modèle conceptuel du risque processus, 4ème workshop "Ingénierie et Gestion des Processus d'Entreprise" des GDR I3 et MACS du CNRS, *Dynamique des organisations et création de valeur : Apports des typologies et des cartographies de processus,* 15 Mai 2007, Paris.

[Siljee et al., 2005] Siljee, J., Vintges, S., Nijhuis, J., A Context Architecture for Service-Centric Systems, in T. Strang and C. Linnhoff-Popien (eds.) Location- and Context-Awareness: First International Workshop LoCA 2005, Springer, Oberpfaffenhofen, Germany, pp. 16-25.

[Simon et al., 1997] Simon, R., Zurko, M.E., Separation of duty in role-based environments, Proceedings of the 10th computer Security Fondations Workshop, 1997, pp. 183-194.

[Simonin, 2009] Simonin, J., Conception de l'architecture d'un système dirigée par un modèle d'urbanisme fonctionnel, Thèse de Doctorat, Université de Rennes 1, 2009.

[Simonsson et al., 2008] Simonsson, M., Johnson, P., The IT organization modeling and assessment tool: Correlating IT governance maturity with the effect of IT, in: Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on System Sciences, 2008.

[Singh et al., 2008] Singh, S. N., & Woo, C. (2008). A Methodology for Discovering Goals at Different Organizational Levels. *Proceedings of the Third International Workshop on Business/IT Alignment and Interoperability (BUSITAL'08) held in conjunction with CAiSE'08 Conference*. Montpellier, France.

[Si-Said et al., 1996] Si-Said, S., Rolland, C., Grosz, G., MENTOR: A Computer Aided Requirements Engineering Environment. Proceedings of CAiSE' 96, Crete, Greece, May 1996.

[Si-Said, 1999] Si-Said Cherfi S., Proposition pour la modélisation et le guidage des processus d´analysedes systèmes d´information, Thèse de Doctorat de l'Université Paris 1, 1999.

[Smaczny, 2001] Smaczny, T., Is an Alignment between Business and IT the Appropriate Paradigm to Manage IT in Today's Organisation? Management Decision, 2001, 39 (10), 797–802.

[Sneed, 2000] Sneed, H.M., Encapsulation of legacy software: A technique for reusing legacy software components. Annales of Software Engineering, 2000, 9, pp. 293-313.

[Soffer, 2005] Soffer P., 2005, On the Notion of Flexibility in Business Processes, Workshop on Business Process Modeling, Design and Support (BPMDS'05), Proceedings of CAiSE'05 Workshops, pp. 35-42

[Soffer, 2004] Soffer, P., Fit Measurement: How to Distinguish Between Fit and Misfit, note for BPMDS'04, Workshop on Creating and Maintaining the Fit between Business Processes and Support Systems, Latvia, 2004.

[Sommerville et al., 1997] Sommerville, I., Sawyer, P., *Requirements engineering*. Worldwide Series in Computer Science, 1997, Wiley.

[Soubbaramayer, 1994] Soubbaramayer S., *Les enjeux du workflow*, *Actes de conférences IT FORUM'94*, Télécom Paris, Paris, 8 - 11 Février, 1994.

[Stephens, 2001] Stephens, C., The Supply Chain Council and the Supply Chain Operations Reference Model. *Supply Chain Management - An International Journal*, 1(1): 9-13 (2001).

[Stoddard et al., 1995] Stoddard D., Jarvenpaa S., Business Process Redesign: tactics for Managing Radical Change, *Journal of Management Information Systems*, Vol. 12, 1, Summer 1995.

[Strang et al., 2003] Strang, T., Linnhoff-Popien, C., Frank, K., CoOL: A Context Ontology Language to Enable Contextual Interoperability, in J.-B. Stefani, I. Demeure and D. Hagimont (eds.) Distributed Applications and Interoperable Systems - DAIS 2003, Springer, Paris, France, 236-247.

[Sun, 1994] Le séminaire "Entreprise Horizontale", Sun Micro-Systems, *Rightsizing: l'informatique client/serveur dans l'entreprise*. 19 mai 1994, Paris.

[Surowiecki, 2004] Surowiecki, J., The Wisdom of Crowds: Why the Many Are Smarter Than the Few and How Collective Wisdom Shapes Business, Economies, Societies and Nations, Doubleday, 2004.

[Svahnberg et al., 2001] Svahnberg, M., Van Gurp J., and Bosch J., "On the notion of variability in Software Product Lines", IEEE/IFIP Working Conference on Software architecture, (WICSA 2001), 28-31 August 2001, Amsterdam, The Netherlands, pp. 45-54

[Swenson, 1993] Swenson, K.D., Visual Support for Reengineering Work Process, in: Proceedings of the Conference on Organizational Computing Systems, ACM, Milpitas, California (1993).

[Tapscott et al., 2006] Tapscott, D., Williams, A.D., Wikinomics: How Mass Collaboration Changes Everything, Portfolio, 2006.

[Tallon et al ., 2002] Tallon, P.P., Kraemer,K.L., Executives' Perspectives on IT: Unraveling the Link between Business Strategy, Management Practices and IT Business Value. Americas Conference on Information Systems (ACIS2002). Dallas, TX, USA.

[Tassin, 2005] Tassin, P., Systèmes d'information et management de crise, Hermès, Paris 2005.

[TIBCO, 2007] http://www.fr.tibco.com/multimedia/goal-oriented-bpm_tcm18-6974.pdf, dernier accès 13 octobre 2011.

[Thevenet, 2009] Thevenet, L.H., Rolland, C., Salinesi, C., Alignement de la stratégie et de l'organisation : Présentation de la méthode INSTAL, Ingénierie des Systèmes d'Information (ISI), *Revue Ingénierie des Systèmes d'Information* Special Issue on Information System Evolution., Hermès, pp. 17-37, 2009.

[Thomphson et al., 2001] Thomphson J., and Heimdalh M.P., "Extending the Product Family Approach to support n-Dimensional and Hierarchical Product Lines", 5th IEEE Symposium on Requirements Engineering, Toronto, Canada, 2001.

[TOGAF, 1995] The Open Group Architectural Framework (TOGAF) TOGAF® Version 9 -- an Open Group Standard, http://pubs.opengroup.org/architecture/togaf9-doc/arch/, dernier accès 5 novembre 2011.

[TOGAF, 2002] TOGAF-Frequently Asked Questions. Dernier accès 5 novembre 2011. http://www.opengroup.org/architecture/0210can/togaf8/doc-review/togaf8cr/c/p1/togaf_faq.htm

[Tomasko, 1990] Tomasko, R., "Downsizing: Reshaping the Corporation for the Future", *AMACOM, American Management Association*, 1990, New York.

[Tomiyama et al., 1989] Tomiyama, T., Kiriyama, T., Takeda, H., Xue, D., Yoshikaya, H., Metamodel: A Key to Intelligent CAD Systems, *Research in Engineering Design*,1 (1989) 19-34.

[Tricker, 2006] Tricker, R., ISO 9001: 2000: The Quality Management Process, van Haren Publishing, 2006, Amersfoort, The Netherlands.

[Trishet al., 2003] Trish, H., Poppies, T., "Café Conversations in the Partnership Journey: adapting organizational development tools to the partnership process". *Café Conversations- A compendium of essays on the practice and theory of brokering multi-sector partnerships for sustainable development*. Overseas Development Institute, 2003. Dernier accès 5 novembre 2011, www.odi.org.uk/resources/download/2643.pdf

[Trist et al., 1951] Trist, E. L., Bamforth, K., Some social and psychological consequences of the Longwall method of coal-getting. *Human Relations, vol. 4*, 1951, pp. 3-38.

[US Army, 2006] US Army Continous Process Improvement Knowledge Center - BTKC, (2006). Dernier accès 5 novembre 2011. http://armyobt.army.mil/cpi-kc-welcome.html

[Vanhatalo et al., 2007] Vanhatalo, J., Völzer, H., Leymann, F., Faster and more focused control-flow analysis for business process models through SESE decomposition, in: Krämer, B., Lin, K.J., Narasimhan, P. (Eds), Service-oriented Computing – ICSOC 2007, 5th International Conference, Vienna, Austria, Sept. 17-20, 2007, Proceedings, LNCS, vol. 4749, Springer, 2007, pp. 43-55.

[van der Aalst et al., 2002] van der Aalst, W.M.P., van Hee, K., Workflow Management: Models, Methods and Systems. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, (2004).

[van der Aalst et al., 2003a] van der Aalst, W.M.P., Benatallah, Casati, F., and Curbera, F., 3rd *International Conference on Business Process Management*, BPM, 2005.

[van der Aalst et al., 2003b] van der Aalst W.M.P., Stoffele, M. and Wamelink, J.W.F. (2003) Case Handling in Construction, *Automation in Construction*, Elsevier, 12(3), 303-320.

[van der Aalst et al., 2003c] van der Aalst W.M.P., Weske, M. and Wirtz, G., Advanced Topics in Workflow Management: Issues, Requirements, and Solutions. Journal of Integrated Design and Process Science, 2003, 7(3).

[van der Aalst et al., 2006] van der Aalst, W.M.P., Pesic, M.: DecSerFlow: Towards a truly declarative service flow language. In: Proceedings of WS-FM. LNCS 4184, 2006, pp. 1-23.

[van der Aalst, 2001] van der Aalst, W.M.P., How to Handle Dynamic Change and Capture Management Information : An Approach Based on Generic Workflow Models. Int. Journal of Computer Systems Science Engineering, 2001, 15(5).

[van der Aalst et al., 2000] van der Aalst, W.M.P., Desel, J., Oberweis, A. (eds) *Business Process Management – Models, techniques and empirical studies*, Springer-Verlag, 2000.

[van der Aalst et al., 2000b] van der Aalst, W.M.P., ter Hofstede A.H.M, Kiepuszewski B., Barros A.P., Advanced Workflow Patterns, 7th Int. Conference on Cooperative Information Systems (CoopIS'2000), 2000.

[van der Aalst et al., 1999] van der Aalst, W.M.P., Basten, T., Verbeek, H., Verkoulen, P. and Voorhoeve M. (1999) Adaptive Workflow : On the Interplay between Flexibility and Support. In J. Filipe and J. Cordeiro (editors), First Int. Conference on Enterprise Information Systems, 353-360, Setubal, Portugal.

[van der Aalst, 1997] van der Aalst, W.M.P. , Verification of Workflow Nets, in P. Azéma and G. Balbo, editors, Application and Theory of Petri Nets 1997, volume 1248 of Lecture Notes in Computer Science, pages 407-426. Springer-Verlag, Berlin, 1997.

[van Grembergen, 2000] van Grembergen, W., The Balanced Scorecard and IT Governance, *Information Systems Control Journal*, n°2, 2000.

[van Grembergen, 2002] van Grembergen, W., Introduction to the Minitrack: IT Governance and Its Mechanisms, Proceedings of the 35th Hawaii Int. Conference on Systems Sciences (HICSS), 2002

[van Grembergen, 2004] van Grembergen, W., de Haes, S., Guldentops, E., Structures, processes and relational mechanisms for information technology governance: theories and practices, in *Strategies for Information Technology Governance*, Ed. by van Grembergen, Idea Group, 2004.

[Vargo et al. 2008] Vargo, S., Lusch, R., Service-dominant logic: continuing the evolution. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 2008, Volume 36, pp. 1-10.

[Vasconcelos et al. 2007] Vasconcelos, A., Sousa, P., Tribolet, J., Information System Architecture Metrics: an Enterprise Engineering Evaluation Approach, The Electronic Journal Information Systems Evaluation 2007, Volume: 10, Issue: 1, pp. 91-122.

[Vasconcelos et al. 2001] Vasconcelos, A., Caetano, A., Neves, J., Sinogas, P., Mendes, R., Tribolet, J. (2001). A Framework for Modeling Strategy, Business Processes and Information Systems. 5th International Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC), Seattle, USA.

[Vlissides et al., 1996] Vlissides, J.M., Coplien, J.O. and Kerth, N.L. (ed.) Pattern Languages of Program Design 2, Addison-Wesley, 1996.

[von Der Maßen et al., 2002] von der Maßen, T., Lichter, H., Modeling variability by UML use case diagrams, in Proceedings of the International Workshop on Requirements Engineering for product lines, REPL02.

[Weber et al., 2007] Weber, B., Rinderle, S., Reichert, M., Change Patterns and Change Support Features in Process-Aware Information Systems, CAISE'07, Trondheim, Norway.

[Wegmann et al., 2005] Wegmann, A., Regev, G., Loison., B., Business and IT Alignment with SEAM, Proc. of the workshop on Requirements Engineering for Business Need and IT Alignment (REBNITA), Paris, France, 2005.

[Weill et al., 2004] Weill, P., Ross, J. IT Governance: How Top Performers Manage IT Decision Rights for Superior Results, Harvard Business School Press, Boston, 2004.

[Weill et al., 1998] Weill, P., Broadbent, M., 1998. *Leveraging the New Infrastructure*. Harvard Business School Press.

[Weinberg, 1998] Weinberg, G.M., The Psychology of Computer Programming: Silver Anniversary Edition Dorset House Publishing Company, Incorporated; Anl Sub édition, 1998.

[Weinberg, 1997] Weinberg, G.M., Quality Software Management Volume 1 to 4 (Systems Thinking, First Order Measurement, Congruent Action, Anticipating Change), Dorset House Publishing, 1992 à 1997.

[Welke et al., 1992] Welke R.J, Kumar K., *Method engineering : a proposal for situation-specific methodology construction*, *in Systems Analysis and Design*. A Research Agenda, Cotterman and Senn(eds), Wiley, pp. 257-268, 1992.

[Weske, 2001] Weske, M., Formal Foundation and Conceptual Design of Dynamic Adaptations in a Workflow Management System. 34th Annual Hawaii Int. Conference on System Sciences (HICSS-34)-Volume 7, January 3-6, 2001.

[WfMC, 1995] WfMC-*TC00-1003 The Workflow Reference Model*, Issue 1.1, January, 1995. http://www.wfmc.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=92&Itemid=72. *Dernier accès, 16 octobre 2011*

[WfMC, 1999] Worklow Management Coalition. Terminology and Glossary. Technical Report Document Number WFMC-TC-1011, Issue 3.0, 1999. *Dernier accès, 16 octobre 2011.* http://www.wfmc.org/reference-model.html (voir en bas de la page, dans les 'related papers', Terminology & Glossary)

[Wieringa et al., 2003] Wieringa, R.J., Blanken, H.M., Fokkinga, M.M., Grefen, P.W.P.J., Aligning application architecture to the business context, Proceedings of the Conference on Advanced Information System Engineering (CAiSE03), Springer, LNCS 2681, pp. 209–225.

[Williams, 1994] Williams, T.J., The Purdue enterprise reference architecture, Computers in Industry, Volume 24, Issues 2-3, September 1994, pp. 141-158.

[Winograd et al., 1986] Winograd, T., Flores, F., Understanding computers and cognition: a new foundation for design, Ablex Publ Corp., 1986.

[Winograd, 1988a] Winograd T., A Langage/Action Perspective on the Design of Cooperative Work, *Human Computer Interaction*, 3(1), 1988, p. 3-30.

[Winograd, 1988b] Winograd T., Where the Action is, *Byte*, Décembre 1988, p. 256-258.

[WGBP, 2010] First International Workshop on Goal-based Business Process Engineering, in conjunction with the Fourteenth IEEE International EDOC Conference (EDOC 2010), 25-29 October 2010, Vitória, ES, Brazil.

[WSMO, 2005] The Web Service Modeling Ontology, http://www.wsmo.org/, *Dernier accès, 22 novembre 2011.*

[Yamamoto et al., 2006] Yamamoto, S., Kaiya, H., Cox, K., & Bleistein, S.,. Goal Oriented Requirements Engineering: Trends and Issues. *IEICE - Transactions on Information Systems*.

[Yetton, 1994] Yetton, P.W., False Prophecies, Successful Practice and Future Directions in IT Management, Proceedings of the IFIP TC8 Open Conference: Business Process Re-Engineering: Information systems opportunities and challenges, Queensland Gold Coast, Australia, pp. 103–112, 1994.

[Yourdon, 1992] Yourdon E., *The decline and fall of the american programmer*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1992.

[Yourdon, 1999] Yourdon, E., Death March: The Complete Software Developer's Guide to Surviving 'Mission Impossible' Projects Prentice Hall PTR, 1999.

[Yu, 1993] Yu, E.S.K., Modeling organizations for information systems requirements engineering. Proceedings 1st IEEE International Symposium on Requirements Engineering, San Diego, California, USA, IEEE Computer Society Press, 1993.

[Yu et. al, 1994] Yu, E.S.K., Mylopoulos, J., From E-R to "A-R" - Modelling Strategic Actor Relationships for Business Process Reengineering, in: Proceedings of the 13th International Conference on the Entity-Relationship Approach, Manchester, December 1994, pp. 548-565.

[Yu, 1995] Yu, E.S.K., Modeling Strategic Relationships for Process Reengineering. PhD Thesis . Departament of Computer Sciences, University of Toronto. 1995.

[Yu et. al, 1996] Yu, E.S.K., Mylopoulos, J. (1996) Using Goals, Rules and Methods to Support Reasoning in Business Process Reengineering, Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management, Vol. 5.

[Yu, 1997] Yu, E.S.K., Towards Modeling and Reasoning Support for Early-Phase Requirements Engineering, Proceedings of the 3rd IEEE International Symposium on Requirements Engineering (RE'97).

[Yu, 1999] Yu, E.S.K., Strategic Modeling for Enterprise Integration. Proceedings 14 th World Congress of the International Federation of Automatic Control, 1999, Beijing, China.

[Yu et al., 2006] Yu, E.S.K., Strohmaier, M., Deng, X., Exploring Intentional Modeling and Analysis for Enterprise Architecture, Proceedings of the Workshop on Trends in Enterprise Architecture Research (TEAR'06), at the Enterprise Computing Conference (EDOC), 2006, Hong Kong.

[Yue, 1987] Yue, K., What does it mean to say that a specification is complete?, Proceedings of the Fourth International Workshop on Software Specification and Design (IWSSD-4), Monterrey, USA.

[Zachman, 1987] Zachman, J.A., A Framework for Information Systems Architecture. IBM Systems Journal , 1987, 26(3), pp. 276-292.

[Zachman, 2003] Zachman, J. A., The Zachman framework for Enterprise Architecture, http://zachmaninternational.com/2/Zachman_Framework.asp. *Dernier accès le 31 octobre 2011.*

[Zachman, 2008] Zachman, J. A., The Zachman Framework for Enterprise Architecture http://zachman.com/index.php/about-the-zachman-framework. *Dernier accès le 31 octobre 2011.*

[Ziadi, 2004] Ziadi T., Manipulation de Lignes de Produits en UML, Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, Décembre, 2004.

[Zoukar, 2005] Zoukar, I., MIBE : Méthode d'Ingénierie des Besoins pour l'implantation d'ERP, Thèse de Doctorat, Université Paris 1, 2005.

[zur Muehlen, 2004] zur Muehlen, M., Workflow-based Process Controlling foundation, design, and application of workflow-driven process information systems. Berlin, Logos (2004).

[zur Muehlen, 2004b] zur Muehlen, M., Organizational Management in Workflow Applications – Issues and Perspectives: Information *Technology and Management Journal*. Kluwer Academic Publishers, 5, 2004, 3, pp. 271-291

7.2. Publications scientifiques de l'auteur

Pour des raisons pragmatiques (une recherche et une vérification plus aisées des références par date et utilisation d'un archivage existant), les publications dont je suis co-auteur ont été référencées selon la codification suivante, quelque soit l'ordre d'apparition de mon nom parmi les co-auteurs :

[N AA ordre] avec *AA* les deux derniers chiffres de l'année et *ordre* (lettre) l'ordre d'apparition de la publication dans un référentiel construit au fil de l'eau.

http://crinfo.univ-paris1.fr/users/nurcan/publi_annee.html

Légende

99b **(17.21)**: l'article [N99b], cité 21 fois, de rang 17 dans le h-index

> [N99b] (17.21) S. Nurcan, C. Rolland. ***Using EKD-CMM electronic guide book for managing change in organisations.*** Proceedings of the 9th European-Japanese Conference on Information Modelling and Knowledge Bases, Iwate, Japan, May 24-28, 1999, p.105-123.

[N99b] n'est pas noté en gras car l'article n'est pas joint au recueil de mes publications.

08c (3.41) : article [N08c] cité 41 fois, de rang 3 dans le h-index

> **[N08c] (3.41)** S. Nurcan. ***A survey on the flexibility requirements related to business processes and modeling artifacts.*** Proceedings of the 41st Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Big Island, Hawaii, USA, 7-10 January 2008.

[N08c] est noté en **gras** car **l'article est joint au recueil de publications**. L'usage d'une police de caractère bleue pour la référence complète porte la même signification.

11c *(11)* : article [N11c] cité 11 fois, il ne participe pas au h-index, mais a un potentiel d'évolution car cité 11 fois en un an.

> **[N11c]** (**11 fois**) G. Bruno, F. Dengler, B. Jennings, R. Khalaf, S. Nurcan, M. Prilla, M. Sarini, R. Schmidt, R. Silva. **Key challenges for enabling Agile BPM with Social Software**. Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice, incorporating Software Process: Improvement and Practice, Special Issue on BPM'09 selected workshop papers, Volume 23, Issue 4, pp. 297-326, June 2011.

[N11c] est noté en **gras** car **l'article est joint au recueil de publications**. L'usage d'une police de caractère bleue pour la référence complète porte la même signification.

[N12a] S. Nurcan, R. Schmidt, I. Bider, G. Regev (Guest Editors). Special Issue on **Business Processes Life Cycle: design, deployment, operation and evaluation** in the International Journal of Software Maintenance and Evolution (JSME), Vol. 24, Issue 3, 2012. Special Issue of the 9th Workshop of Business Process Modeling, Development and Support (BPMDS'08).

[N12b] J. Simonin, S. Nurcan, J. Gourmelen. ***Weighted Alignment Measures of Enterprise Architecture Viewpoints***. 7th Workshop on BUSiness/IT Alignment and Interoperability (BUSITAL'2012) associé à CAISE'2012, Gdansk, Poland, 25 June 2012.

[N12c] K. Bessai, S. Youcef, A. Oulamara, C. Godart, S. Nurcan. ***Bi-criteria workflow tasks allocation and scheduling in Cloud computing environments***. 5th International Conference on Cloud Computing (CLOUD'2012), Honolulu, Hawaii, USA, June 24-29, 2012.

[N12d] S. Nurcan (Editor). *IS Olympics: Information Systems in a Diverse World,* ***CAISE'11 Forum Post-Proceedings****, Selected extended papers,* LNBIP 107. London, UK, June 20-24, 2011.

[N12e] I. Bider, T. Halpin, J. Krogstie, S. Nurcan, E. Proper, R. Schmidt, P. Soffer, S. Wrycza (Editors). ***Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling.*** LNBIP 113 Springer. 13th International Conference BPMDS and 16th International Conference EMMSAD at CAiSE 2012, Gdansk, Poland, June 25-26, 2012.

[N12f] K. Bessai, S. Youcef, C. Godart, A. Oulamara, S. Nurcan. ***Multi-objective resources allocation approaches for workflow applications in Cloud environments*** *(Poster).* 20th International Conference on Cooperative Information Systems (CoopIS'2012), Roma, Italy, September 10-14, 2012.

[N12g] K. Bessai, S. Youcef, A. Oulamara, C. Godart, S. Nurcan. ***Resources allocation and scheduling approaches for business process applications in Cloud contexts***. 4th IEEE International Conference on Cloud Computing technology and Science (Cloud Com'2012), Taipei, Taiwan, December 3-6, 2012.

[N12h] K. Bessai, S. Youcef, C. Godart, S. Nurcan. ***Business Process Compositions: Preserving k-soundness property***. The 2012 IEEE Asia-Pacific Services Computing Conference (APSCC'2012), Guilin, China, December 6-8, 2012

[N11a] I. Rychkova, S. Nurcan. ***Towards Adaptability and Control for Knowledge-Intensive Business Processes: Declarative Configurable Process Specifications.*** Proceedings of the 44th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Kauai, Hawaii, USA, 4-7 January 2011.

[N11b] S. Nurcan, R. Schmidt, P. Soffer, R. Ukor (Guest editors). Special Issue on "**Drivers of Business Process Development: Business, IT, Compliance**" in the International Journal of Information System Modeling and Design (IJISMD), Special Issue of the 10th Workshop of Business Process Modeling, Development and Support (BPMDS'09), 2011, Vol. 2, Issue 2, 2011.

[N11c] **(11 fois)** G. Bruno, F. Dengler, B. Jennings, R. Khalaf, S. Nurcan, M. Prilla, M. Sarini, R. Schmidt, R. Silva. **Key challenges for enabling Agile BPM with Social Software**. Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice, incorporating Software Process: Improvement and Practice, Special Issue on BPM'09 selected workshop papers, Volume 23, Issue 4, pp. 297-326, June 2011.

[N11d] I. Rychkova, R. Deneckère, S. Nurcan. ***Modeling the role variability in the MAP process model.*** Fifth International Conference on Reseach Challenges in Information Science (RCIS'11), Le Gosier, Gouadeloupe, 19-21 May 2011.

[N11e] T. Halpin, S. Nurcan, J. Krogstie, P. Soffer, E. Proper, R. Schmidt, I. Bider (Editors). ***Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling.*** LNBIP 81 Springer. 12th International Conference BPMDS and 15th International Conference EMMSAD at CAiSE 2011, London, UK, June 20-21, 2011.

[N11f] S. Nurcan (Editor). ***CAISE'2011 Forum CEUR proceedings.*** Vol. 734. 23d International Conference on Advanced Information Systems Engineering. London, UK, June 20-24, 2011.

[N11g] S. Nurcan, R. Schmidt. ***Introduction to the Third International Workshop Service-oriented Enterprise Architecture for Enterprise Engineering*** *(SoEA4EE'11).* Proceedings of EDOC 2011 IEEE Workshops and Short papers.

[N11h] S. Nurcan, R. Schmidt. ***Introduction to the Fourth International Workshop on Business Process Management and Social Software*** *(BPMS2'11).* Proceedings of the BPM 2011 Workshops, LNBIP. Springer-Verlag.

[N10a] **(8 fois)** C. Rolland, S. Nurcan. ***Business Process Lines to deal with the Variability***. Proc. of the 43d Annual Hawaii Int. Conference on System Sciences, Kauai, Hawaii, USA, 5-8 January 2010.

[N10b] S. Nurcan, R. Schmidt. ***Service-oriented Enterprise Architecture for Enterprise Engineering: Introduction.*** Proceedings of EDOC 2009 IEEE Workshops and Short papers.

[N10c] S. Nurcan, R. Schmidt. ***Introduction to the Second International Workshop on Business Process Management and Social Software*** *(BPMS2'09).* Proceedings of the BPM 2009 Workshops, pp. 197-199, LNBIP 43. Springer-Verlag.

[N10d] R. Schmidt, S. Nurcan. ***Augmenting BPM with Social Software.*** Proceedings of the BPM 2009 Workshops, pp. 201-206, LNBIP 43, Springer-Verlag.

[N10e] I. Gmati, I. Rychkova, S. Nurcan. ***On the Way from Research Innovations to Practical Utility in Enterprise Architecture: The Build-Up Process***. International Journal of Information System Modeling and Design (IJISMD). Volume 1, Issue 3, 2010. p. 20-44.

[N10f] I. Gmati, I. Rychkova, J. Barrios, S. Nurcan. ***Return on Experience of the Implementation of a Business-IT alignment Approach: Theory and Practice***. 5th Workshop on BUSiness/IT Alignment and Interoperability (BUSITAL'2010) associé à CAISE'2010, Hammamet, Tunisia, 7 June 2010.

[N10g] **(13.22)** S. Erol, M. Granitzer, S. Happ, S. Jantunen, B. Jennings, A. Koschmider, S. Nurcan, D. Rossi, R. Schmidt, P. Johannesson. ***Combining BPM and Social Software : Contradiction or Chance ?*** Special issue of the Software Process: Improvement and Practice Journal on "BPM 2008 selected workshop papers", Volume 22, Issue 6-7, pp. 449-476, October-November 2010.

[N10h] I. Bider, T. Halpin, J. Krogstie, S. Nurcan, E. Proper, R. Schmidt, R. Ukor (Editors). ***Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling.*** LNBIP 50 Springer. 11th International Workshop BPMDS and 15th International Conference EMMSAD at CAiSE 2010, Hammamet, Tunisia, June 7-8, 2010.

[N10i] S. Nurcan, K. Benali, H. Pingaud (Editeurs invités). 1er Numéro Spécial sur **Ingénierie d'Entreprise et de Systèmes d'Information (IESI)** de la revue Ingénierie de Systèmes d'Information (**ISI**), Hermes Lavoisier, Vol. 15, N° 4, 2010.

[N10j] K. Bessai, S. Nurcan. ***Composition de Workflow-nets : condition de préservation de la k-soundness.*** Atelier IESI, Ingénierie d'Entreprise et de Systèmes d'Information (en association avec INFORSID'2010), 25 Mai 2010, Toulouse, France.

[N10k] S. Nurcan, C. Salinesi, C. Souveyet, J. Ralyté (Eds.) ***Intentional Perspectives on Information Systems Engineering.*** Festschrift book in honour of Professor Colette Rolland, Springer.

[N10l] I. Rychkova, S. Nurcan. ***The Old Therapy for the New Problem: Declarative Configurable Process Specifications for the Adaptive Case Management Support.*** *3d* International Workshopon BPM and Social Software (BPMS2'2010)***.*** Proceedings of the BPM 2010 Workshops. Hoboken, New Jersey, USA, 13 September 2010.

[N10m] I. Gmati, M. Missikoff, S. Nurcan. ***A Systematic Method for the Intentional Modeling and Verification of Business Applications***. 7th Conference of the Italian Chapter of AIS (itAIS'2010), Information Technology and Innovation Trends in Organizations, Naples, Italy, 8-9 October 2010.

[N10n] S. Nurcan, R. Schmidt. ***Introduction to the Second International Workshop Service-oriented Enterprise Architecture for Enterprise Engineering*** *(SoEA4EE'10).* Proceedings of EDOC 2009 IEEE Workshops and Short papers.

[N10o] S. Nurcan, R. Schmidt. ***Introduction to the Second International Workshop on Business Process Management and Social Software*** *(BPMS2'10).* Proceedings of the BPM 2010 Workshops, pp. 355-358, LNBIP 66. Springer-Verlag.

[N10p] S. Nurcan, K. Benali, H. Pingaud (Editeurs invités). 2ème Numéro Spécial **IESI, Modélisation d'entreprise et interopérabilité,** de la revue Ingénierie de Systèmes d'Information (**ISI**), Hermes Lavoisier, Vol. 15, N° 5, 2010

[N09a] S. Nurcan, R. Schmidt. ***Introduction to the First International Workshop on Business Process Management and Social Software*** *(BPMS2'08).* Proceedings of the BPM 2008 Workshops, LNBIP 17, pp. 623-624, 2009. Springer-Verlag.

[N09b] **(12.23)** R. Schmidt, S. Nurcan. ***BPM and Social Software.*** Proceedings of the BPM 2008 Workshops, LNBIP 17, pp. 625-634, 2009. Springer-Verlag.

[N09c] O. Saidani, S. Nurcan. ***Context-Awareness for adequate business process modelling.*** Third International Conference on Reseach Challenges in Information Science (RCIS'09), Fes, Maroc, 22-24 April 2009.

[N09d] K. Bessai, S. Nurcan. ***An actor-driven approach for business processes - How to take into account the environment of work?*** The 10th Workshop on Business Process Modelling, Development, and Support (BPMDS'09, (in association with the CAISE'09 Conference), LNBIP 29 (Springer), June 8-9, 2009, Amsterdam, The Netherlands.

[N09e] T. Halpin, J. Krogstie, S. Nurcan, E. Proper, R. Schmidt, P. Soffer, R. Ukor (Editors). ***Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling.*** LNBIP 29 Springer. 10th International Workshop BPMDS and 14th International Conference EMMSAD at CAiSE 2009, Amsterdam, The Netherlands, June 8-9, 2009.

[N09f] S. Najar, O. Saidani, M. Kissch-Pinheiro, C. Souveyet, S. Nurcan. ***Semantic representation of context models : a framework for analyzing and understanding.*** Workshop on Context, Information and Ontologies (CIAO2009) in conjunction with the 6th European Semantic Web Conference (ESWC2009), June 1st, 2009, Heraklion, Greece.

[N09g] B. Claudepierre, S. Nurcan. ***ITGIM: An intention-driven approach for analyzing the IT Governance requirements.*** The 3d International Workshop on Requirements, Intentions and Goals in Conceptual Modeling (RIGiM 2009), in conjunction with the 28th International Conference on Conceptual Modeling (ER 2009), 9-12 November 2009, Gramado, Brazil.

[N09h] B. Claudepierre, S. Nurcan. ***Constats et fondements pour des méthodes d'ingénierie de systèmes d'information dirigées par les exigences de gouvernance.*** Numéro Spécial RCIS'08 de la Revue Ingénierie des Systèmes d'Information. Volume 14, N° 4, Hermès, 2009.

[N09i] I. Bider, S. Nurcan, R. Schmidt, P. Soffer (Guest Editors). Special Issue on **Adequate Design of Business Processes and Support Systems: Reusability, Best Practices, Theory, … - Are they the right answers?** in the International Journal of Business Process Integration and Management (IJBPIM), Vol. 4, Issue 2, 2009. Special Issue of the 8th Workshop of Business Process Modeling, Development and Support (BPMDS'07).

[N08a] S. Nurcan, R. Schmidt, P. Soffer, E. Hunt, X. Franch, R. Coletta (BPMDS'08 Volume Editors). ***Proceedings of the 9th Workshop on Business Process Modeling, Development and Support*** (BPMDS'08) held in conjunction with the CAiSE'08 Conference. Montpellier, France, June 16-17, 2008. CEUR Workshop Proceedings. ISSN 1613-0073.

[N08b] S. Ebersold, A. Front, P. Lopistéguy, S. Nurcan, X. Franch, E. Hunt, R. Coletta (MoDISE-EUS'08 Volume Editors). ***Proceedings of the Workshop on Model Driven Information Systems Engineering: Enterprise, User and System Models*** (MODISE-EUS'08) held in conjunction with the CAiSE'08 Conference. Montpellier, France, June 16-17, 2008. CEUR Workshop Proceedings. ISSN 1613-0073.

[N08c] **(3.41)** S. Nurcan. ***A survey on the flexibility requirements related to business processes and modeling artifacts.*** Proceedings of the 41st Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Big Island, Hawaii, USA, 7-10 January 2008.

[N08d] O. Saidani, S. Nurcan. ***Towards situational Business Process Modeling.*** 20th International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAISE'08 Forum), June 16-20, 2008, Montpellier, France.

[N08e] S. Nurcan, B. Claudepierre, I. Gmati. ***Conceptual Dependencies between two connected IT domains: Business/IS alignment and IT governance.*** Second International Conference on Reseach Challenges in Information Science (RCIS'08), Marrakech, Maroc, 3-6 June 2008.

[N08f] **(14.22)** K. Bessai, B. Claudepierre, O. Saidani, S. Nurcan. ***Context-aware Business Process Evaluation and Redesign.*** The 9th Workshop on Business Process Modelling, Development, and Support (BPMDS'08, (in association with the CAISE'08 Conference), CEUR (pub), June 16-17, 2008, Montpellier, France.

[N08g] O. Saidani, S. Nurcan. ***Meta-model Tailoring for Situation-aware Business Process Modelling.*** Workshop on Model Driven Information Systems Engineering : Enterprise, User and System Models MoDISE-EUS'08 (in association with the CAISE'08 Conference), CEUR (pub), June 16-17, 2008, Montpellier, France.

[N08h] K. Bessai, S. Nurcan. ***Guider le choix d'un formalisme de modélisation de processus : Démarche multicritère basée sur les patrons.*** 26 ème congrès INFORSID, 27-30 Mai 2008, Fontainebleau, France.

[N08i] O. Saidani, S. Nurcan. ***Meta-model Tailoring for Situation-aware Business Process Modelling.*** Atelier IESI, Ingénierie d'Entreprise et de Systèmes d'Information (en association avec INFORSID'08), 27 Mai 2008, Montpellier, France.

[N07a] **(15.22)** F. Daoudi, S. Nurcan. ***A benchmarking framework for methods to design flexible business processes.*** Special issue of the Software Process: Improvement and Practice Journal on "Business Process Management, Development and Support", 12:1, 2007.

[N07b] S. Nurcan. ***Business Process Modelling and Requirements for Flexibity.*** International Conference on Interoperability for Enterprise Software and Applications (I-ESA'2007), March 28-30, 2007, Madeira, Portugal.

[N07c] O. Saidani, S. Nurcan. ***Multi-Level Delegation for Flexible Business Process Modeling.*** The "Business Process Management" track of the 2007 Information Resources Management Association International Conference- May 19-23, 2007, Vancouver, British Columbia, Canada.

[N07d] I. Gmati, S. Nurcan. ***A Framework for Analyzing Business/Information System Alignment Requirements.*** International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS'07), June 12-16, 2007, Madeira, Portugal.

[N07e] B. Claudepierre, S. Nurcan. ***A Framework for Analyzing IT governance approaches.*** International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS'07), June 12-16, 2007, Madeira, Portugal.

[N07f] **(6.36)** O. Saidani, S. Nurcan. ***Towards Context Aware Business Process Modelling***. The 8th Workshop on Business Process Modelling, Development, and Support (BPMDS'07, (in association with the CAISE'07 Conference), Springer Verlag (pub), June 11-12, 2007, Trondheim, Norway.

[N07g] O. Saidani, S. Nurcan. ***Prise en Compte de l'Utilisateur dans l'Ingénierie des Processus Métier*.** Le 1er workshop Prise en compte de l'utilisateur dans les systèmes d'information (PeCUSI'07), (en association avec INFORSID'07), Springer Verlag (pub), May 22, 2007, Perros Guirec, France.

[N07h] I. Gmati, S. Nurcan. ***Un cadre de référence pour analyser les exigences d'alignement Métier/Systèmes d'Information*.** Le 4ème workshop "Ingénierie et Gestion des Processus d'Entreprise" des GDR I3 et MACS du CNRS, *Dynamique des organisations et création de valeur : Apports des typologies et des cartographies de processus,* 15 Mai 2007, Paris.

[N07i] B. Claudepierre, S. Nurcan. ***Proposition d'un cadre de référence pour la gouvernance des Systèmes d'Information* .** Le 4ème workshop "Ingénierie et Gestion des Processus d'Entreprise" des GDR I3 et MACS du CNRS, *Dynamique des organisations et création de valeur : Apports des typologies et des cartographies de processus,* 15 Mai 2007, Paris.

[N07j] O. Saidani, S. Nurcan. ***Prise en Compte de l'Aspect Décisionnel dans l'Ingénierie et la Gestion des Processus d'Entreprise*.** Le 4ème workshop "Ingénierie et Gestion des Processus d'Entreprise" des GDR I3 et MACS du CNRS, *Dynamique des organisations et création de valeur : Apports des typologies et des cartographies de processus,* 15 Mai 2007, Paris.

[N06a] S. Nurcan, C. Rolland. ***50 ans de systèmes d'information : de l'automatisation des activités individuelles à l'amélioration des processus et la création de valeur ajoutée***, Chapitre de l'ouvrage collectif, J. Caby et G. Schmidt (eds), 50 ans de l'IAE de Paris, 50 ans de management, Pearson, 2006.

[N06b] S. Nurcan, Z. Song. ***A framework for situating Business Process Engineering approaches: an illustration with ARIS and EKD-CMM***. The "Business Process Management" track of the 2006 Information Resources Management Association International Conference- May 21-24, 2006, Washington, USA.

[N06c] O. Saidani, S. Nurcan. FORBAC: ***A Flexible Organisation and Role-Based Access Control Model for Secure Information Systems.*** Fourth Biennial International Conference on Advances in Information Systems - October 18-20, 2006, Izmir, Turkey.

[N06d] **(11.24)** O. Saidani, S. Nurcan. ***A role based approach for modeling flexible business processes***. The 7th Workshop on Business Process Modelling, Development, and Support (BPMDS'06), (in association with the CAISE'06 Conference), Springer Verlag (pub), Juin 5-6, 2006, Luxembourg.

[N05a] **(2.47)** S. Nurcan, A. Etien, R. Kaabi, I. Zoukar, C. Rolland. ***A Strategy Driven Business Process Modelling Approach.*** Special issue of the Business Process Management Journal on "Goal-oriented business process modeling", Emerald, 11:6, 2005.

[N05b] **(10.24)** S. Nurcan, M.-H. Edme. ***Intention Driven Modelling for Flexible Workflow Applications.*** Special issue of the Software Process: Improvement and Practice Journal on "Business Process Management, Development and Support", 10:4, 2005.

[N05c] F. Daoudi, S. Nurcan. ***A Framework to Evaluate Methods' Capacities to Designe Flexible Business processes***. The Sixth Workshop on Business Process Modelling, Development, and Support (BPMDS'05, (in association with the CAISE'05 Conference), Springer Verlag (pub) , June 12-17, 2005, Porto, Portugal.

[N05d] S. Nurcan, A. Hicheur. ***A Comparative State-of-the-Art for Flexible Workflow Modeling***. The "Business Process Management Tools and Technologies" track of the 2005 Information Resources Management Association International Conference- May 15-18, 2005, San Diego, USA.

[N04a] (11 fois) S. Nurcan. ***Business Process Modeling for developing Process Oriented IT Systems***. The "Business Process Management Tools and Technologies" track of the 2004 Information Resources Management Association International Conference- May 23-26, 2004, New Orleans, USA.

[N04b] (14 fois) J. Barrios, S. Nurcan. ***Model Driven Architectures for Enterprise Information Systems***. the 16th Conference on Advanced Information Systems Engineering, (CAISE'04), Springer Verlag (pub), June 7-9, 2004, Riga, Lettonie.

[N04c] S. Nurcan. ***A Conceptual Framework for Intention Driven Flexible Workflow Modeling***. The Fifth Workshop on Business Process Modelling, Development, and Support (BPMDS'04, (in association with the CAISE'04 Conference), Springer Verlag (pub), June 5-6, 2004, Riga, Lettonie.

[N03a] (5.39) S. Nurcan, C. Rolland. ***A multi-method for defining the organizational change.*** Journal of Information and Software Technology, Elsevier. 45:2, 2003, p. 61-82.

[N03b] (11 fois) S. Nurcan, J. Barrios. ***Enterprise Knowledge and Information System Modelling in an Evolving Environment***. Proceedings of the First International Workshop on Engineering Methods to Support Information Systems Evolution in conjunction with OOIS'03 - September 5, 2003, Geneva, Switzerland.

[N03c] S. Nurcan, M. Ben Ayed, C. Rolland. ***Process of Mapping between User Centric Concepts and Lyee Internal Concepts***. Proceedings of the 2nd International Workshop on New Trends on Software Methodologies, Tools and Techniques, SOMET_2003 - September 24-26, 2003, Stockholm, Sweden.

[N03d] M. Ben Ayed, S. Nurcan, ***Lyee Project Technical Report TR2-1***, Lyee International Scientific Joint Research Project, Centre de Recherhe en Informatique, University Paris1, February 2003.

[N03e] M. Ben Ayed, S. Nurcan, ***Lyee Project Technical Report TR2-2***, Lyee International Scientific Joint Research Project, Centre de Recherhe en Informatique, University Paris1, August 2003.

[N02a] P. Vidal, S. Nurcan. ***Coordination des actions organisationnelles et modélisation des processus,*** in Frantz Rowe (ed), Faire de la recherche en systèmes d'information, Chapitre 12, Vuibert, Collection éditée avec la FNEGE, 2002.

[N02b] (13 fois) S. Nurcan, J. Barrios, C. Rolland. ***Une méthode pour la définition de l'impact organisationnel du changement.*** Numéro Spécial de la Revue Ingénierie des Systèmes d'Information "Connaissances Métier dans l'Ingénierie des SI (article étendu à partir d'une communication sélectionnée du Congrès INFORSID 2002). Volume 7, N° 4, Hermès, 2002.

[N02c] J. Barrios, S. Nurcan. ***MeDIC: A Method Engineering Proposal for the Analysis and Representation of the Organisational Impact of Change*** . Proceedings of the 2002 International Conference on Software Engineering Research and Practice SERP'02 - June 24-27, 2002, Las Vegas, USA.

[N02d] S.Nurcan, J. Barrios, C. Rolland. ***Une méthode pour la définition de l'impact organisationnel du changement.*** 20ème congrès INFORSID, 5-7 juin 2002, Nantes.

[N02e] S. Nurcan, M. Ben Ayed, C. Rolland, ***Lyee Project Scientific Report SC1***, Lyee International Scientific Joint Research Project, Centre de Recherhe en Informatique, University Paris 1, March 2002.

[N01a] C. Salinesi, M. Ben Ayed, S. Nurcan, ***Development Using Lyee A Case Study with LyeeALL***, Lyee International Scientific Joint Research Project, Centre de Recherhe en Informatique, University Paris 1, Octobre 2001.

[N00a] S. Nurcan, C. Rolland. ***Contributions of Workflow to quality requirements.*** Knowledge and Process Management: the Journal of Corporate Transformation, John Wiley, 7:1, 2000, p. 41-55.

[N00b] (4.40) C. Rolland, S. Nurcan, G. Grosz. ***A Decision Making Pattern for Guiding the Enterprise Knowledge Development Process.*** Journal of Information and Software Technology, Elsevier, 42:5, 2000, p. 313-331.

[N99a] (9.28) C. Rolland, S. Nurcan, G. Grosz. ***Enterprise Knowledge Development: the process view.*** Information and Management Journal, Elsevier, 36:3, 1999, p. 165-184.

[N99b] (17.21) S. Nurcan, C. Rolland. ***Using EKD-CMM electronic guide book for managing change in organisations.*** Proceedings of the 9th European-Japanese Conference on Information Modelling and Knowledge Bases, Iwate, Japan, May 24-28, 1999, p.105-123.

[N99c] (13 fois) C. Rolland, P. Loucopoulos, V. Kavakli, S. Nurcan. ***Intention based modelling of organisational change: an experience report.*** Proceedings of the Fourth CAISE/IFIP 8.1 International Workshop on Evaluation of Modeling Methods in Systems Analysis and Design (EMMSAD'99), Heidelberg, Germany, June 14-15, 1999.

[N99d] (**12 fois**) S. Nurcan, J. Barrios, G. Grosz, C. Rolland. ***Change process modelling using the EKD - Change Management Method.*** Proceedings of the 7th European Conference on Information Systems, ECIS'99, Copenhagen, Denmark, June 23-25, 1999, p.513-529.

[N98a] (**8.32**) S.Nurcan. ***Analysis and design of co-operative work processes : a framework.*** Information and software technology, Elsevier, 40:3, 1998, p.143-156.

[N98b] S. Nurcan. ***Main concepts for cooperative work place analysis.*** Proceedings of the XV. IFIP World Computer Congress Telecooperation, 31 août - 4 sept. 1998, Vienna, Austria, p. 21-36.

[N98c] C. Rolland, G . Grosz, S. Nurcan, W. Yue , C. Gnaho. ***An electronic handbook for accessing domain specific generic patterns.*** IFIP WG 8.1 Working Conference : Information Systems in the WWW environment, 15-17 July 1998, Beijing, China, C.Rolland, M. Fang and Y. Chen (eds.), Chapman & Hall, p. 89-111.

[N98d] (**7.34**) S. Nurcan, G. Grosz, C. Souveyet. ***Describing business processes with a guided use case approach.*** The 10th Conference on Advanced Information Systems Engineering CAISE'98, 8-12 June 1998, Pisa, Italy Lecture Notes in Computer Science 1413, p. 339-362.

[N98e] (**16.22**) C. Rolland, S. Nurcan, G. Grosz. ***A unified framework for modelling co-operative design processes and co-operative business processes.*** Proceedings of the 31st Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Big Island, Hawaii, USA, 6-9 January 1998.

[N98f] (**16 fois**) C.Rolland, P. Loucopoulos, G. Grosz, S.Nurcan. ***A framework for generic patterns dedicated to the management of change in the electricity supply industry.*** Proceedings of the 9th International Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA'98), August 26-28, 1998, Vienna, Austria, p. 907-912.

[N98g] (12 fois) C. Rolland, G. Grosz, P. Loucopoulos, S. Nurcan. ***A framework for encapsulating best business practices for electricity supply industry into generic patterns***. 2nd IMACS International Conference on Circuits, Systems and Computers (IMACS-CSC'98), 26-29 October 1998, Pireus, Greece.

[N98h] (13 fois) P. Loucopoulos, V. Kavakli, N. Prekas, I. Dimitromanolaki, N.Yilmazturk, C. Rolland, G. Grosz, S. Nurcan, D. Beis, and G. Vgontzas. ***The ELEKTRA project : Enterprise Knowledge Modelling for change in the distribution unit of Public Power Corporation***. 2nd IMACS International Conference on Circuits, Systems and Computers (IMACS-CSC'98), 26-29 October 1998, Pireus, Greece.

[N98i] C. Rolland, G. Grosz, S. Nurcan. ***Generic patterns for the ESI sector***. ELEKTRA Research Report (Projet ESPRIT IV), Centre de Recherche en Informatique, Université Paris 1, January 1998, 27 pages.

[N98j] G. Grosz, P. Loucopoulos, S. Nurcan, C. Rolland. ***The patterns model***. ELEKTRA Research Report (Projet ESPRIT IV), Centre de Recherche en Informatique, Université Paris 1, February 1998, 30 pages.

[N98k] C. Rolland, G. Grosz, S. Nurcan. ***Approach to change process modelling***. ELEKTRA Research Report (Projet ESPRIT IV), Centre de Recherche en Informatique, Université Paris 1, March 1998, 32 pages.

[N97a] (**18.19**) C.Rolland, S.Nurcan, G.Grosz. ***Guiding the participative design process.*** Association for Information Systems, Americas Conference on Information Systems, 15-17 August 1997, Indianapolis, Indiana, USA, p. 922-924.

[N97b] (**15 fois**) S.Nurcan, C.Rolland. ***Meta-modelling for cooperative processes.*** The 7th European-Japanese Conference on Information Modelling and Knowledge Bases, May 27-30, 1997, Toulouse, p. 361-377.

[N97c] (**15 fois**) C.Rolland, S.Nurcan, G.Grosz. ***A way of working for change processes.*** International Research Symposium '97 - Effective Organisations, September 4-5, 1997, Dorset, UK, p. 201-204.

[N97d] S.Nurcan, C.Rolland. ***A meta-model for goal driven cooperative work processes.*** First Workshop on the Many Facts of process Engineering, September 22-23, 1997, Gammarth, Tunisie, p. 245-260.

[N97e] C. Rolland, G. Grosz, S. Nurcan. ***An introduction to the EKD process***. ELEKTRA Research Report (Projet ESPRIT IV), Centre de Recherche en Informatique, Université Paris 1, February 1997, 35 pages

[N97f] C. Rolland, G. Grosz, S. Nurcan. ***Walk through EKD models and process with an example : a bottom-up approach illustration***. ELEKTRA Research Report (Projet ESPRIT IV), Centre de Recherche en Informatique, Université Paris 1, February 1997, 83 pages.

[N97g] C. Rolland, G. Grosz, S. Nurcan. ***An overview of the PPC documents following a process approach***. ELEKTRA Research Report (Projet ESPRIT IV), Centre de Recherche en Informatique, Université Paris 1, February 1997, 118 pages.

[N97h] (1.71) P. Loucopoulos, V. Kavakli, N. Prekas, C. Rolland, G. Grosz, S. Nurcan. ***Using the EKD approach : The modelling component***. ELEKTRA Athena Deliverable (Projet ESPRIT IV), Centre de Recherche en Informatique, Université Paris 1, July 1997.

[N97i] P. Loucopoulos, V. Kavakli, N. Prekas, C. Rolland, G. Grosz, S. Nurcan. ***PPC Distribution Models.*** Research Report, ELEKTRA Athena Deliverable (Projet ESPRIT IV), Centre de Recherche en Informatique, Université Paris 1, July 1997.

[N96a] S.Nurcan. ***Analyse et conception de systèmes d'information coopératifs.*** Numéro thématique "Multimédia et collecticiel" de TSI (Techniques et Science Informatiques), Vol. 15, n° 9, 1996, p. 1287-1315.

[N96b] S.Nurcan. ***L'apport du workflow dans une démarche qualité.*** Ingénierie des Systèmes d'Information, Vol. 4, n° 4, 1996, p. 463-489.

[N96c] S.Nurcan, C.Gnaho, C.Rolland. ***Defining Ways-of-working for Cooperative Work Processes.*** First International Conference on Practical Aspects of Knowledge Management. Workshop on Adaptive Workflow, October 30-31, 1996, Basel, Suisse.

[N96d] (9 fois) S.Nurcan. ***A method for Cooperative Information Systems Analysis and Design: CISAD.*** Second International Conference on the Design of Cooperative Systems (COOP'96), Juan-Les-Pins, 12-14 juin 1996, p.681-700.

[N96e] C. Rolland, G. Grosz, S. Nurcan. ***Guiding the EKD process***. ELEKTRA Research Report (Projet ESPRIT IV), Centre de Recherche en Informatique, Université Paris 1, December 1996, 149 pages.

[N95a] S.Nurcan, J.-Y.Trolliet. ***Une méthode d'analyse et de conception pour les applications workflow.*** 13ème congrès INFORSID, 31 mai-2 juin 1995, Grenoble, p. 453-472.

[N95b] S.Nurcan, J.-L.Chirac. ***Quels modèles choisir pour les applications coopératives mettant en oeuvre les technologies de workflow et de groupware ?*** Congrès AFCET '95, Nouveaux modes de communication, 26-27 octobre 1995, Toulouse, pp.593-602.

[N95c] S.Nurcan. **Etudes de cas dans le thème Autour du workflow**. Collecticiels & Systèmes coopératifs (SCOOP), GDR-PRC Communication Homme-Machine, GT 8, Rapport de recherche 1994-1995, M. Beaudouin-Lafon, J. Coutaz (ed.)

[N94] B. Tribollet, R. Jaffard, S.Nurcan, J. Neplaz. ***Elaboration d'outils informatiques pour la formation des maîtres à distance.*** Sixièmes Journées Informatique et Pédagogie des Sciences Physiques, Université des Sciences et Technologies de Lille I, 20-22 mars 1994.

[N91a] S.Nurcan, J.Kouloumdjian. . ***An Advanced Knowledge Base Management System Based on the Integration of Logic Programming and Relational Databases.*** Proceedings of IEEE, CompEuro '91, Bologna, Italie, May 13-16, 1991, pp. 740-744.

[N91b] S. Nurcan. ***Représentation de Connaissances et Gestion de Données Evolutives dans le Contexte de la Programmation Logique.*** Thèse de Doctorat, INSA de Lyon, 16 janvier 1991, 200 p.

[N90a] S.Nurcan, L.Li, J.Kouloumdjian. . ***Integrating Database Technology and Logic Programming Paradigm***. (version étendue). In : IAE/AIE 90, The Third International Conference on Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems, Charleston (South-Carolina), 15-18 July 1990, p. 341-349.

[N90b] S.Nurcan, J.Kouloumdjian, L.Li. ***Integrating Database Technology and Logic Programming Paradigm***. In : SEKE'90, Second Int. Conference Software Engineering and Knowledge Engineering, Skokie, Illinois, USA, 21-23 June 1990, Knowledge Systems Institute (eds.), Skokie (Illinois), p. 147-152.

[N90c] S.Nurcan, J.Kouloumdjian. ***Structured Data in a Logic Programming Environment*** (papier court). PARBASE-90 (A two track conference on databases, parallel architectures, and their applications), Miami-Beach, Floride, March 6-9, 1990.

[N90d] S.Nurcan, J.Kouloumdjian, L.Li. ***Un Gestionnaire de Connaissances Reposant sur l'Intégration de la Programmation Logique et des Bases de Données Relationnelles.*** SPLT'90, 9ème Séminaire de Programmation en Logique, Trégastel, 16-18 Mai 1990. S.Bourgault et M.Dinçbas (Eds.), CNET, Lannion, p. 105-126.

[N90e] G.-H.Moll, S.Nurcan, J.Kouloumdjian. ***A Complex Object Logical Language Interpreter for Relational Databases in the Framework of EPSILON***. ESPRIT P530-EPSILON final report, March 1990, Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes d'Information, INSA de Lyon, 16 pages.

[N90f] S.Nurcan, L.Li, J.Kouloumdjian. ***Integrating the Kernel-PROLOG Interface (hybrid approach) in the EPSILON environment***. ESPRIT P530-EPSILON final report, March 1990, Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes d'Information, INSA de Lyon, 14 pages.

[N89a] S.Nurcan, G.H.Moll, J.Kouloumdjian. ***L'apport de la Programmation Logique et de la Structuration Orientée Objet aux Bases de Données***. Modèles et Bases de Données, No 11, Janvier 1989, p. 21-47.

[N89b] S.Nurcan, J.Kouloumdjian. ***Structured Data in a Logic Programming Environment.*** 1ère Conf. Maghrébine sur l'IA et le génie logiciel, Univ. de Constantine, 24-27 Sept.1989, pp. 169-188.

[N89c] S.Nurcan, J.Kouloumdjian, L.LI, M.Lalliard. ***The Kernel-DBMS Interface - An Enhancement of the Compiled Approach: a Hybrid (half compiled-half interpreted) Communication***. ESPRIT P530-EPSILON report, May 1989, Deliverable C5, Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes d'Information, INSA de Lyon, 32 pages.

[N88a] S.Nurcan, J.Kouloumdjian. ***An Overview of Object Modelling***. ESPRIT P530-EPSILON report, March 1988, Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes d'Information, INSA de Lyon, 34 pages.

[N88b] S.Nurcan, A.Weber. ***Survey on Object Modelling***. ESPRIT P530-EPSILON report, Deliverable C3, November 1988, Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes d'Information, INSA de Lyon, 50 pages.

[N88c] S.Nurcan, G.-H.Moll, J.Kouloumdjian. ***A Complex Object Logical Language (COL) Interpreter for Relational Databases***. ESPRIT P530-EPSILON report, Deliverable C3, Nov. 1988, Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes d'Information, INSA de Lyon, 14 pages.

[N88a] S. Nurcan. ***Systèmes Experts en Médecine. Définition des générateurs.*** Mémoire de DEA, INSA de Lyon, 3 octobre 1986.

7.3. Encadrements de recherché (/ER)

La liste complète se trouve dans le chapitre 2 du second document. Sont listées ici les publications de type mémoire de DEA ou de master recherche et thèse de doctorat que j'ai citées dans ce document de synthèse de mes travaux.

[Barrios, 2001] Barrios, J. Une méthode pour la définition de l'impact organisationnel du changement. *Thèse de Doctorat* de l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 26 janvier 2001.

[Bessai, 2007] Bessai, K., Etat de l'art et benchmarking des patterns de workfows, *Master Recherche SID Système d'Information et de Décision*, Université Paris 1 Panthéon Sorbonne.

[Claudepierre, 2010] Claudepierre, B., Conceptualisation de la Gouvernance des Systèmes d'Information - Structure et Démarche pour la Construction des Systèmes d'Information de Gouvernance. *Thèse de Doctorat*, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne. 10 décembre 2010.

[Claudepierre, 2006] Claudepierre, B., Comment étendre les démarches d'ingénierie de systèmes pour anticiper les exigences de " IT gouvernance"?, *Master Recherche SID Système d'Information et de Décision*, Université Paris 1 Panthéon Sorbonne.

[Crépet-Chanvillard, 1991] H. Crépet-Chanvillard. Dynamique des objets dans un système de gestion de bases de données. *Mémoire de DEA Informatique Fondamentale*, ENS Lyon. Juillet 1991.

[Francfort, 1993] P. Francfort. Travail Coopératif, Télé-tutorat. *Mémoire de DEA Ingénierie Informatique*, INSA de Lyon, 24 juin 1993.

[Gmati, 2011] I. Gmati. *Proposition d'une méthode pour l'ingénierie de l'alignement métier/SI : Diagnostic, Evolution, Alternatives technologiques et Décision*, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne. 13 déc 2011.

[Gmati, 2006] I. Gmati. *Etat de l'art des frameworks conceptuels pour l'alignement stratégique "Business/SI"*, Master Recherche SID Système d'Information et de Décision, Université Paris 1 Panthéon Sorbonne.

[Haj-Chehade, 1993] M. Haj-Chehade. Travail de groupe et Télé-tutorat. *Mémoire de DEA Ingénierie Informatique*, INSA de Lyon, 27 juillet 1993.

[Jrad, 2012] L. Jrad. Modélisation des processus basée sur les risques et les obstacles. *Master Recherche SID Système d'Information et de Décision*, Université Paris 1 Panthéon Sorbonne.

[Puech, 1995] S. Puech-Navarra. L'assurance qualité dans les applications supportant le travail coopératif. *Mémoire d'ingénieur CNAM*, INSA, Lyon, 1995.

[Saidani, 2007] Saidani, O., Contrôle d'accès basé sur la notion de rôle pour les SI Web, *DEA d'Informatique*, Université Paris 9.

Chapitre 8.

Annexes

8. Annexes

8.1. Glossaire

BPEL : Business Process Execution Language

BPMI: Business Process Management Initiative

BPML : Business Process Modeling Language

BPMN: Business Process Modeling Notation

BPMS : Business Process Management System

BPR : Business Process Reengineering

BSC : Balanced Scorecard

DAI : Directive d'Accomplissement d'Intention

DSI : Directive de Sélection d'Intention

DSS : Directive de Sélection de Stratégie

ebXML : electronic Business using eXtensible Markup Language

EIS : Executive Information System

EPC : Event-driven Process Chain

GDSS : Group Decision Support System

GSI : Gouvernance des Systèmes d'Information

RBAC : Role Bases Access Control

SGWF : Système de Gestion de WorkflowFDSI

SoS : Social Software

TIC : Technologies d' l'Information et de la Communication

UML : Unified Modeling Language

WfMC: Workflow Management Coalition

WFMS: Workflow Management System

8.2. Synthèse du positionnement des approches de la GSI

Cadre des quatre mondes		*Approches de la gouvernance des systèmes d'information*				
Monde	*Facette*	CobiT	COSO	ITIL	CMMI	PMBOK
Sujet	ORGANISATION DE LA GOUVERNANCE	*	*	-	-	*
	DECISION	-	-	*Infrastructure*	-	*Plan. projet*
	PROCESSUS IT	*	*	*	*	*
	PROCESSUS METIER	-	*	*	-	*
	CHANGEMENT	*	-	*évolutif*	*	*
	PORTEFEUILLE DE PROJETS SI	-	-	*	*Clas. : Multi-critère Transfo. : **	*Clas. : Multi-critère Transfo. : **
Usage	MINIMISER LES RISQUES	*	*	*qualité*	*	*
	ATTEINDRE L'ETAT D'ALIGNEMENT	-	-	*Evolution SI*	-	*Evolution SI, Evolution métier*
	OBTENIR LA PERFORMANCE	-	-	-	*Maturité des processus*	*Maturité des processus*
	CREER DE LA VALEUR	-	*Patrimoine métier*	*Patrimoine SI, usage*	*Patrimoine SI*	*Patrimoine SI, Patrimoine métier*
Système	CONTENU	*document*	*document*	*document*	*document*	*document*
	MODELE	*Processus, objet*	*Processus, objet*	*Processus, objet*	*Processus, objet*	*Processus, objet, décision*
	METRIQUES	*Risque, performance, valeur*	*risque*	*Alignement, performance*	*performance*	*Risque, Performance, Valeur*
Développement	NATURE DES PROCESSUS	*systématique*	*systématique*	*systématique*	*systématique*	*systématique*
	MATURITE DES PROCESSUS	*	-	-	*	*
	CAPITALISATION DE LA CONNAISSANCE	*externalisation*	*externalisation*	*externalisation*	*externalisation*	*externalisation*
	LOGICIEL	*	*	*	*	*

8.3. Le métier du Directeur des Systèmes d'Information

Extrait de l'article [N06a][50]

Témoignage de Jean Leroux
Directeur des Systèmes d'Information chez AELIA, groupe Hachette Distribution Services
Diplômé du MBA CAAE Soir 2002 – IAE de Paris, Ingénieur Centrale Lyon, M.Sc University of Alberta, Canada

Le métier du DSI est complexe, passionnant et mal connu. Il joue beaucoup de rôles. Le directeur informatique qui devait jadis mettre en œuvre un ensemble de moyens technologiques s'est transformé en un directeur des systèmes d'information qui doit désormais supporter et accompagner des processus innovants et délivrer de l'information riche et cohérente, plus vite, partout et pour moins cher avec une excellente fiabilité tout en accompagnant les changements.

Les moyens utilisés ont beaucoup évolué, se sont standardisés et ont même parfois quitté l'entreprise. Les NTIC ont fortement contribué à globaliser l'activité de l'entreprise, abolissant les contraintes de temps et d'espace. L'arrivée des ERP a également bouleversé les organisations et les processus. Le recours à l'infogérance ou « l'extraterritorialité », capitalisant sur cette standardisation a permis de mutualiser des compétences à l'extérieur de l'entreprise dans des centres de « services partagés » pour recentrer le DSI sur les métiers essentiels en interne. Le DSI a suivi cette évolution en s'impliquant de plus en plus dans les processus, l'organisation et le changement, au détriment parfois des moyens plus banalisés et standardisés où il n'y a plus d'enjeu (télécommunications, serveurs, stations de travail). Son rôle est aujourd'hui en pleine mutation.

La mission de base du DSI s'articule aujourd'hui en trois segments : Il faut d'abord assurer le fonctionnement quotidien du système d'information, qui ne s'arrête jamais. Ensuite il faut intégrer les nouvelles demandes d'évolutions des métiers, correspondant éventuellement à des projets. Enfin il faut innover, c'est à dire apporter grâce aux technologies et à l'information de nouveaux services ayant une valeur ajoutée pour l'entreprise ou ses partenaires.

Le DSI est un ingénieur. Il doit construire et urbaniser sans cesse le système d'information pour répondre aux exigences à court et moyen terme. Chacune des couches fondamentales (technologiques, applicatives, informationnelles) doit être solide et évolutive. Le portefeuille applicatif est en perpétuelle évolution et chaque mise à jour doit se faire naturellement de façon transparente. Cela implique une bonne méthodologie et des techniques d'ingénierie de plus en plus sophistiquées.

Le DSI est un organisateur, au cœur de tous les changements. Il contribue par sa connaissance des processus à l'évolution de l'organisation. La dépendance grandissante des processus et métiers vis-à-vis du système d'information implique une forte implication du DSI dans tous les changements intervenant dans son entreprise. Sa nouvelle connaissance des processus et des règles de gestion lui confère un rôle et une responsabilité accrus. Cette situation explique en partie la présence de plus en plus systématique du DSI au niveau du COMEX des entreprises.

Le DSI est un directeur de projet. Il joue un rôle grandissant dans la mise en place des grands projets d'entreprise. Présent sur la maîtrise d'œuvre, son assistance à la maîtrise d'ouvrage est appréciée. Il connaît les enjeux et traumatismes liés aux changements par son poste d'observation privilégié. Et son expérience dans la mise en œuvre de projets est ainsi précieuse pour les directions générales.

Le DSI est un gestionnaire complet. Il doit gérer des projets, des hommes, des compétences, des budgets, des contrats, des partenaires, des contraintes réglementaires et bien sûr une usine. Il est en permanence en train de composer entre le court et le long terme ; La formation d'ingénieur n'est pas toujours suffisante pour appréhender l'ensemble de ces sujets. D'autant que la mutation actuelle vers une meilleure appropriation des processus implique une meilleure connaissance des métiers. On lui

[50] S. Nurcan, C. Rolland. 50 ans de systèmes d'information : de l'automatisation des activités individuelles à l'amélioration des processus et la création de valeur ajoutée, Chapitre de l'ouvrage collectif, coordonné par J. Caby et G. Schmidt, 50 ans de l'IAE de Paris, 50 ans de management, Pearson, 2006.

demande d'être bilingue ; de parler le langage de l'informatique mais aussi celui de ses clients internes, qui souvent n'ont pas la même exigence.

Le DSI est un animateur de compétences. La complexité des technologies, leur bonne utilisation requiert des profils pointus au fait de ces technologies ou de leur potentiel. Ce niveau de compétence demande un entretien permanent qu'il convient d'animer par des formations, des contacts réguliers avec l'extérieur ou le recrutement de profils adéquat. Cette gestion des hommes et des compétences est particulièrement difficile au sein d'une DSI compte tenu du cycle de vie des technologies qui se renouvellent sans cesse. Il convient alors de trouver où placer le curseur entre l'internalisation de compétences suffisamment pérennes et à valeur ajoutée, d'une part, et le recours ponctuel à des experts ou à l'externalisation de certaines compétences trop pointues d'autre part.

Le DSI est un fédérateur et un catalyseur de synergies. Il est souvent l'interlocuteur de l'ensemble du COMEX, et joue au sein de l'entreprise un rôle de cohésion et de structuration des activités. L'unicité du référentiel et l'harmonisation des processus relèvent pour beaucoup des contraintes qu'implique un système d'information cohérent. Cette fédération des métiers au travers d'un système d'information apporte une meilleure lisibilité à la direction générale, à la direction financière et à l'actionnaire, ainsi que de nombreuses opportunités de synergies.

Le DSI est un communiquant et un pédagogue. L'évolution des outils et des services qu'ils permettent ne sont pas toujours simples ni à justifier par les métiers ni à mettre en place. Le DSI a un rôle de pédagogie vis-à-vis des métiers, soit pour leur « vendre » un nouveau service ou un nouvel outil ; soit pour analyser leurs souhaits de mise en place de nouveaux outils, les aider à identifier des synergies, élaborer le budget et calculer le retour sur investissement. Lorsqu'une évolution a lieu, il faut s'assurer d'une bonne appropriation par les utilisateurs finaux, qui seront pour une part importante dans le succès. Le rythme des changements s'accélère, la complexité grandit, et le besoin de formation est donc de plus en plus important. Le DSI doit aussi être particulièrement attentif à la capacité de l'entreprise à absorber des changements avec une forte composante système. Il est parfois nécessaire de décaler un projet en dépit du besoin pour assurer sa bonne appropriation. Cette responsabilité de bonne connaissance des outils incombe souvent au DSI qui doit mettre en œuvre, conjointement avec la DRH et les métiers un programme de formation.

Le DSI est un acteur de l'innovation. En effet, l'innovation est parfois liée à la capacité des systèmes d'information à transformer une idée en un nouveau service ou une partie de ce nouveau service. Certains nouveaux services sont même entièrement basés sur l'évolution du système d'information (places de marché, gestion de la chaîne logistique étendue, boutique en ligne).

Le DSI est un acteur de « l'agilité » de l'entreprise. Cette notion d'agilité peut se définir au niveau des systèmes d'information comme la capacité à greffer de nouveaux services, la capacité à intégrer facilement de nouveaux processus, à accompagner une évolution erratique (fusion, acquisition) pour lesquels la composante informationnelle est obligatoire. Le hasard ne favorisant que les gens préparés, il convient de construire un système d'information apte à apporter le maximum d'agilité à l'entreprise, sans réinvestissement massif. Le DSI sera donc un acteur important dans la vitesse, le coût et la faisabilité de mise en œuvre des transformations de l'entreprise.

Le DSI est un acheteur. Son budget peut osciller suivant les métiers et le cycle d'investissement des gros projets entre 1% et 8% du chiffre d'affaire, ce qui est vite conséquent et implique une justification auprès de la direction générale ou de l'actionnaire. La fréquence de renouvellement des moyens, l'évolution des tarifs et des technologies, et les évolutions des fournisseurs, tout cela implique une vraie compétence d'acheteur de moyens et de services adaptés pour une durée de fonctionnement, et s'inscrivant dans une politique en adéquation avec la stratégie globale de l'entreprise.

Le DSI est un gestionnaire du risque. Il doit gérer la continuité de service, et donc le risque lié au non fonctionnement des systèmes d'information. La dépendance des systèmes d'information vis-à-vis de l'entreprise rend celle-ci très vulnérable en cas de panne majeure et prolongée. Il s'agit d'apprécier avec les métiers la criticité des composants du système d'information et de sécuriser ceux-ci par des services dont le niveau dépendra de cette criticité. On distingue la sécurité, liée à des évènements

involontaires comme les pannes matérielles, de la sûreté liée aux attaques volontaires ou illicites.Un budget de plus en plus important est consacré à la sécurité et à la sûreté des systèmes d'information.

Le DSI s'inscrit dans un cadre réglementaire de plus en plus strict. Il doit ainsi répondre de la bonne utilisation des moyens mis à disposition des utilisateurs, notamment le respect des licences, déclarer à la CNIL les données personnelles stockées dans les systèmes. Le non-respect des droits de licence engage directement le DSI. Les nouvelles lois sur la sécurité financière sont venues renforcer la nécessité de la transparence et de la conformité du système d'information. La qualité de restitution de l'information, certes construite et retraitée avec les métiers et notamment la direction financière engage personnellement le président.

Le rôle du DSI, son positionnement, et sa perception sont assez complexes. Pour les uns, il s'agit d'un état dans l'état, doté d'un système assez opaque, très cher et intégrant des outils beaucoup trop complexes, peu évolutifs dont on est tous dépendants pour le moindre projet. Pour d'autres, il s'agit d'un service essentiel au bon fonctionnement, à l'innovation et au changement qui doit être doté des moyens et de l'autorité nécessaire à accompagner l'organisation dans ces changements. La vérité est certainement entre les deux. La perception dépend grandement de la capacité du DSI à communiquer sur les succès et à assurer le fonctionnement du quotidien. Elle dépend aussi de l'enjeu perçu par la direction générale de disposer d'une information récente, accessible, cohérente et juste. Le DSI a un rôle pédagogique, d'éducation de la direction générale et des métiers, afin d'identifier rapidement les opportunités auxquelles pourraient contribuer le SI.

À l'évidence, la dimension de la fonction de DSI peut être plus ou moins large suivant les entreprises. Certains laissent à des entités distinctes le soin d'assurer certains de ces rôles, pour mieux se concentrer sur quelques rôles. Il s'agit notamment des entités de type maîtrise d'ouvrage, direction de projet, organisation et projets, qui sont souvent nécessaires pour assumer pleinement des rôles clés de certaines transformations.

La mutation du métier de DSI devrait continuer et aboutir à une génération de managers aux profils beaucoup plus aguerris aux sciences de gestion et aux métiers de direction. La fonction devrait continuer à être exigeante, occuper une place essentielle dans l'entreprise et être mieux connue. Les évolutions des moyens, que ce soit dans les télécommunications, les capacités de traitement, ou les progiciels devraient suivre avec des coûts toujours en baisse et des outils et méthodes plus efficaces. Enfin les investissements consacrés à l'innovation dans les années futures, à l'image de ce que les Etats-Unis ont réalisé chez eux, devraient concerner de plus en plus les systèmes d'information et continuer à alimenter le métier de DSI avec de nouvelles opportunités.