



HAL
open science

Conception de Système d'Information de Médiation pour la prise en charge de l'Interopérabilité dans les Collaborations d'Organisations

Frederick Benaben

► To cite this version:

Frederick Benaben. Conception de Système d'Information de Médiation pour la prise en charge de l'Interopérabilité dans les Collaborations d'Organisations: De l'ambition de supporter les collaborations d'organisations à... ..l'interopérabilité concrète des systèmes d'information SIM, SOA, ESB, BPM, IDM, EDA... what else?.... Intelligence artificielle [cs.AI]. Institut National Polytechnique de Toulouse, 2012. tel-01206234

HAL Id: tel-01206234

<https://imt-mines-albi.hal.science/tel-01206234>

Submitted on 28 Sep 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.



HABILITATION A DIRIGER LES RECHERCHES

Présentée à

L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE TOULOUSE

Spécialité : Systèmes Industriels

par

Frédéric Bénaben

Ingénieur de l'EERIE-Ecole des Mines d'Alès, Docteur de Université de Montpellier II

Maître Assistant au Centre Génie Industriel de l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux

Conception de Système d'Information de Médiation pour la prise en charge de l'Interopérabilité dans les Collaborations d'Organisations

Soutenue le **10 octobre 2012** devant le jury composé de :

MM. Jean BEZIVIN	Professeur émérite, Université de Nantes	Rapporteur
Jean-Pierre BOUREY	Professeur, Ecole Centrale de Lille	Rapporteur
Hervé PINGAUD	Professeur, Directeur Université Jean-François Champollion	Rapporteur
Raul POLER	Professor, Universidad Politécnica de Valencia	Rapporteur
MM. Khalid BENALI	Maître de Conférence HDR, Université de Lorraine	Examineur
Vincent CHAPURLAT	Professeur, Ecole Nationale Supérieure des Mines d'Alès	Examineur
Chihab HANACHI	Professeur, Université de Toulouse 1	Examineur
Jean-Pierre LORRE	Responsable Recherche, Linagora	Examineur
Jean-Paul PIGNON	Expert Etudes Amont Dr., Thales Communications & Security S.A.	Examineur

HDR préparée au Centre de Génie Industriel de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines d'Albi-Carmaux



De l'ambition de supporter les collaborations d'organisations à...
...l'interopérabilité concrète des systèmes d'information

SIM, SOA, ESB, BPM, IDM, EDA... what else ?...

Remerciements :

Il faut prendre ce manuscrit pour ce qu'il est réellement : le résultat d'un travail de mise en forme d'un projet collectif, dans sa construction, son appréhension et sa réalisation. Les doctorant(e)s avec qui j'ai eu la chance (et je pèse mes mots) de travailler ont fait bien plus qu'amener leur pierre à l'édifice, ils sont l'édifice, ils l'ont bâti de leurs mains, faisant évoluer irrémédiablement et harmonieusement cette entité organique, selon leurs découvertes, leurs idées et leurs cultures. Guidé et influencé par **Hervé Pingaud**, je sais en avoir surtout défini l'ADN, la vision globale, en avoir parfois garanti la cohérence, voire la solidité, mais ce sont ces (jeunes) collègues qui, s'accaparant pleinement le périmètre de leur sujet avec une passion et une curiosité inconsidérées, ont construit dans une harmonie collective au-delà de toutes mes espérances, l'ensemble des organes et des composants de ce grand corps qu'est le projet MISE. Si la relative réussite scientifique et technique du projet MISE constitue évidemment une fierté professionnelle, c'est cette dernière composante collective et l'esprit d'équipe qui, je crois, transpire depuis le début du groupe de chercheurs mobilisés par le projet, qui se révèlent incontestablement mon plus grand bonheur. J'ai regardé (et j'espère pouvoir regarder encore longtemps) avec une joie intense ces jeunes chercheurs échanger, partager, s'aider, se contester et converger dans une ambiance de « vestiaire ».

Jihed Touzi a été le premier à porter le projet, œuvrant seul avec une énergie débordante pour en définir les fondations et les principes basés sur la *transformation de modèle*. Je le remercie pour sa *complicité* et sa *passion*. **Vatcharaphun « Netty » Rajsiri** a ensuite su s'inscrire très habilement dans la continuité à laquelle elle a apporté une composante majeure pour la suite, *la gestion des connaissances et l'utilisation des ontologies*. Je la remercie pour sa *rigueur* et son *rire*. **Sébastien Truptil** s'est alors emparé avec passion de la lourde tâche de devoir intégrer les travaux de ses prédécesseurs et a su y insuffler une unité technologique tout en apportant avec beaucoup de finesse les éléments nécessaires à *la prise en charge de l'agilité de la collaboration*. Je le remercie pour sa *force de travail* et notre *amitié*. Héritant des résultats de MISE 1.0, **Wenxin « Olina » Mu** a su évoluer avec brio entre le respect des résultats acquis et l'innovation qu'elle voulait apporter au niveau *application web*. Je la remercie pour ses *capacités d'abstraction* et sa *finesse relationnelle*. **Nicolas Boissel-Dallier** s'est attaqué sans tergiversation à un verrou scientifique très délicat et a apporté toute la *dimension sémantique* au projet MISE. Je le remercie pour son *sens de la dérision* et son *incroyable efficacité*. **Anne-Marie Barthe-Delanoë** a dû reprendre les résultats théoriques sur la prise en charge de l'agilité et explorer avec persévérance et beaucoup d'initiative les *architectures dirigées par les événements*. Je la remercie pour sa *confiance* et son *autonomie professionnelle*. **Sarah Zribi** s'est confrontée à un sujet complexe et innovant au sein du projet MISE, elle en a délimité le périmètre autour des *exigences non fonctionnelles*. Je la remercie pour sa *patience* et sa *réactivité*. **Guillaume « Serge » Macé Ramète** apporte un niveau de concrétisation inédit à ces travaux en assumant une *intégration totale* des briques précédentes. Je le remercie pour son *implication permanente* et son *humour*. La génération suivante démarre ses travaux et je suis persuadé que les relations qui s'instaurent aujourd'hui avec **Loïc Bidoux**, **Aurélie Montarnal** et **Tiexin Wang** nous amèneront ensemble vers les mêmes niveaux de satisfaction professionnelle et humaine.

Ces travaux ont été réalisés depuis le début à **l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux**. Je tiens à remercier cet établissement pour les exceptionnelles conditions de travail mises à notre disposition. Par ailleurs, le quotidien de ce projet s'est déroulé au sein du **Centre de Génie Industriel**. En plus de souligner la qualité des moyens qui ont été mis à notre disposition, c'est surtout la confiance qui nous a été témoignée que je voudrais souligner dans un premier temps : d'abord (et pendant la majorité de ces travaux) sous la direction de **Lionel Dupont** puis sous celle de **Michel Aldanondo**. Dans un deuxième temps, c'est la qualité humaine de mes collègues que je souhaite remercier. Je crois qu'il est rare d'évoluer dans un tel environnement professionnel et il est crucial d'en avoir conscience. Je souhaite en particulier remercier **Matthieu Lauras**, **Sébastien Truptil**, **Elyès Lamine** et **Jacques Lamothe** pour leur complicité et leur amitié, **Sabine Carbonnel**, **Franck Fontanili**, **François Galasso**, **Paul Gaborit**, **Didier Gourc**, **François Marmier**, **Paul Pitiot**, **Laurent Steffan**, **Elise Vareilles** et à nouveau **Michel Aldanondo** et **Lionel Dupont** pour leur bonne humeur au quotidien. Il est également une personne du centre de recherche dont je ne peux pas ne pas mettre en avant les nombreuses qualités : **Isabelle Fournier** cumule en effet les rôles, les fonctions et les complications qui les accompagnent. Elle réussit à accepter avec une bonne humeur improbable mon manque d'organisation chronique et à assurer avec une efficacité incroyable le support et l'accompagnement critique de nos activités. Nombreux sont également les collègues des autres centres de recherche, d'autres services de l'Ecole des Mines d'Albi, de l'Ecole des Mines d'Alès et de tous les établissements, toutes les institutions et toutes les organisations avec lesquels

j'ai collaboré que je souhaite associer à ces remerciements. Selon la formule consacrée, bien pratique quoique féroce­ment hypocrite, ils se reconnaîtront (et s'ils ne se reconnaissent pas, qu'ils n'hésitent pas à me demander...). Je voudrais également glisser un petit mot sur l'incroyable variété des conditions de rédaction de ce manuscrit. J'espère que cette hétérogénéité n'a pas trop influencé le ton de l'écriture sous peine d'être légitimement taxé de manque de cohérence et d'unité. Un dernier mot aussi pour *Dropbox*, *MSWord*, *Keynote* et *Apple*...

Je tiens à exprimer concrètement toute ma gratitude envers les éminents chercheurs qui ont accepté d'évaluer et de juger mon travail. Ce jury a été construit essentiellement dans l'optique de solliciter des personnes dont les travaux, la personnalité ou la présence ont accompagné et influencé le projet MISE. En outre, le facteur humain, sans être prédominant, a clairement été un critère majeur.

Je remercie donc **Jean Bézivin** d'avoir accepté d'être rapporteur de ces travaux. Son influence et son rayonnement dans le domaine de la transformation de modèles (en particulier mais pas seulement) en avait fait un concept abstrait et inaccessible à mes yeux. Je suis très heureux d'avoir découvert l'homme, sa jovialité et son incroyable ouverture d'esprit.

Je remercie également **Jean-Pierre Bourey** d'avoir rapporté sur ce manuscrit. Il m'a fait l'honneur de suivre ces travaux depuis leur début, de rapporter sur plusieurs thèses qui composent l'ossature MISE et surtout de partager des discussions passionnantes sur des centres d'intérêts communs, quelques excellents repas et surtout une amitié qui compte pour moi.

Je remercie **Raül Poler** d'avoir accepté de rapporter sur ce document, malgré la barrière de la langue (qu'il franchit avec une aisance déconcertante) et d'avoir participer à ce jury, malgré la distance et le contexte franco-français. Son éminente position au sein de l'Universitat Politècnica de València comme dans la structure de l'InterOp V-Lab traduit l'amplitude de l'homme. Je suis sincèrement flatté de l'avoir eu en tant que rapporteur.

Je remercie **Khalid Benali** pour avoir participé à ce jury. Au-delà d'y avoir apporté sa bonne humeur débordante et son regard aiguisé, il a également fait le trait d'union avec des travaux initiaux sur lesquels il avait déjà rapporté. Je n'oublie pas son soutien permanent, dans tous les contextes...

Je remercie **Vincent Chapurlat**. Depuis dix-sept ans, j'ai eu le plaisir de le fréquenter en tant qu'étudiant-ingénieur, puis en tant que stagiaire de DEA, puis en tant que doctorant, enfin en tant que collègue. Il a accepté de participer à ce jury et j'en suis très honoré. J'ai toujours admiré sa créativité, son enthousiasme et sa bonne humeur rayonnante. Je suis très fier de le compter, je crois, parmi mes amis.

Je remercie **Chihab Hanachi** d'avoir accepté de participer à ce jury et même de le présider. Il a découvert nos travaux en particulier au travers d'un projet commun. Nos discussions, étayées par sa très grande culture et son intransigeance scientifique, m'ont toujours parues extrêmement productives.

Je remercie **Jean-Pierre Lorré** d'avoir également pris part à ce jury. Il a toujours joué un rôle important dans la conduite et les orientations du projet MISE en ouvrant devant nous des horizons technologiques toujours plus passionnants. C'était donc une très forte volonté de ma part de pouvoir le compter parmi les membres de ce jury afin qu'il y apporte sa vision, sa culture et ses qualités humaines.

Je remercie **Jean-Paul Pignon** d'avoir été présent au sein de ce jury. Presque quinze ans après le début de mon doctorat sous son encadrement, j'ai conscience de son impact sur mon travail et sur mon approche de la recherche. Je le remercie pour son esprit critique hors du commun, sa vivacité intellectuelle et la bienveillance qu'il a toujours manifestée à mon égard. L'histoire continue...

Je remercie **Hervé Pingaud**, non pas pour avoir rapporté sur mon manuscrit et avoir participé au jury, mais pour tout le reste. Il est des personnages qui marquent une vie, professionnelle mais aussi personnelle. Hervé est de ceux-là et je l'en remercie. Je suis heureux de l'avoir eu pour Robert Valette.

Enfin, et c'est toujours un peu impudique mais finalement, c'est mon manuscrit, je fais ce que je veux... Je voudrais remercier mes amis et ma famille. Mes parents pour ce qu'ils sont, ce qu'ils ont construit et mon enfance. Mes frères pour leur intelligence, leur complicité improbables et mon enfance aussi. Lysiane, qui, au-delà de m'avoir soutenu durant cette période (toujours selon la formule consacrée) a surtout eu la persévérance de me démontrer l'évidence de notre couple, la folie de m'épouser un jour de juillet et la bonne idée de nous faire des enfants merveilleux. Elle habite ma vie et ça fait de moi le plus heureux des hommes. Et enfin mes enfants pour l'incroyable bonne humeur et l'inattendu quotidien qu'ils ont apporté à notre vie. Je dépends d'eux dans des proportions que je n'envisageais pas (et pourtant, j'ai de l'imagination). Bref, je les remercie tous, évidemment, ils me supportent (dans tous les sens du terme) mais surtout ils m'aiment et ça, la vérité, comment ça fait plaisir...

Table des Matières

CHAPITRE 1 : VOLET ADMINISTRATIF

ETAT-CIVIL

I. PROFIL	13
II. PARCOURS	13
III. FORMATION	13
IV. ENSEIGNEMENT	14
V. APERÇU DES ACTIVITES DE RECHERCHE	19
VI. IMPLICATION ET RESPONSABILITES ADMINISTRATIVES	21

LISTE DES PUBLICATIONS

I. REVUES INTERNATIONALES AVEC COMITE DE LECTURE	23
II. REVUES NATIONALES AVEC COMITE DE LECTURE	23
III. SOUMISSIONS (REVUES INTERNATIONALES)	23
IV. CONFERENCES INTERNATIONALES (WEB OF SCIENCE)	24
V. CONFERENCES INTERNATIONALES AVEC COMITE DE LECTURE	25
VI. CONFERENCES NATIONALES AVEC COMITE DE LECTURE	27

CHAPITRE 2 : VOLET SCIENTIFIQUE

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE : PROBLEMATIQUE

I. DIMENSION ORGANISATIONNELLE : LE SYSTEME D'INFORMATION	39
II. DIMENSION STRUCTURELLE : L'INTEROPERABILITE	43
III. DIMENSION ARCHITECTURALE : LA MEDIATION	46
IV. DIMENSION TECHNOLOGIQUE : SERVICE-ORIENTED ARCHITECTURE (ET ESB)	50
V. DIMENSION METHODOLOGIQUE : BUSINESS PROCESS MANAGEMENT	53
VI. DIMENSION OUTILLAGE : L'INGENIERIE DIRIGEE PAR LES MODELES	58
VII. DIMENSION COMPORTEMENTALE : L'AGILITE	63
VIII. CAS PARTICULIER DU DOMAINE DE LA GESTION DE CRISE	67
IX. CONCLUSION CONCERNANT LE PROBLEMATIQUE	70

DEUXIEME PARTIE : TRAITEMENT

I. DEROULEMENT DU PROJET MISE	76
II. OBTENTION DU MODELE DE COLLABORATION	82
III. OBTENTION DU MODELE DE LA DYNAMIQUE COLLABORATIVE	88
IV. OBTENTION DU MODELE DE SI DE MEDIATION	99
V. DEPLOIEMENT ET AGILITE	105
VI. APPLICATION A LA GESTION DE CRISE	111
VII. CONCLUSION CONCERNANT LE TRAITEMENT DE LA PROBLEMATIQUE	114

CONCLUSION

ANNEXES

<u>I. MODELE, MODELISATION ET MODELISER...</u>	<u>129</u>
<u>II. PROJETS DE RECHERCHE FINANCES</u>	<u>134</u>
<u>III. THESES DE DOCTORAT</u>	<u>138</u>
<u>IV. ESB JBI</u>	<u>142</u>

CHAPITRE 1 : VOLET ADMINISTRATIF

Frédérick Bénaben



Né le 9 mars 1974 à Massy – 91
Marié, 2 enfants.

Maître-Assistant à l'Ecole Nationale Supérieure des Mines d'Albi-Carmaux

Coordonnées personnelles :

21 Rue des Marchands
81370 Saint-Sulpice
France
(+33)6 83 20 23 08
frederick.benaben@gmail.com

Coordonnées professionnelles :

Campus Jarlard – Route de Teillet
81000 Albi
France
(+33)5 63 49 32 97
frederick.benaben@mines-albi.fr

I. Profil

Enseignant-Chercheur dans les domaines de *la collaboration d'organisations* et de *l'interopérabilité des Systèmes d'Information*, positionné à la frontière du génie industriel et de l'informatique. Les approches étudiées concernent *la médiation de systèmes d'information* et *l'ingénierie dirigée par les modèles* appliquées aux *technologies orientées services*. Les contextes applicatifs relèvent à la fois des *écosystèmes industriels manufacturiers* ou de *la gestion des situations de crises*.

II. Parcours

- 2003 - ...** Maître-Assistant à l'Ecole Nationale Supérieure des Mines d'Albi-Carmaux
Chercheur au Centre de Génie Industriel
Pilotage de la thématique *Ingénierie des Systèmes d'Information de Médiation*
- 2001 - 2003** Post-doctorat à l'Ecole Nationale Supérieure des Mines d'Alès
Chercheur au Laboratoire de Génie Informatique et d'Ingénierie de Production
- 1998 - 2001** Doctorant CIFRE avec Thalès Optronique (Ecole doctorale SyAM)
Rattaché au Laboratoire de Génie Informatique et d'Ingénierie de Production

Mots-clefs :

SI, interopérabilité, SOA, processus, ESB, ontologie, workflow, médiation, IDM, BPM, organisations, EDA.

III. Formation

- 2003** Inscrit sur la liste de qualification aux fonctions de maître de conférence (27^{ème} section)
- 2001** Doctorat – Université Montpellier II
Spécialité *Système Automatiques et Microélectroniques*
Ecole doctorale *Information, Structures, Systèmes*
- 1998** Diplôme d'Etudes Approfondies – Université Montpellier II
Spécialité *Systèmes Automatiques et Microélectroniques*
Option *Systèmes Automatiques*
- 1998** Diplôme d'Ingénieur de l'EERIE – Ecole Nationale Supérieure des Mines d'Alès
Ecole pour les Etudes et la Recherche en Informatique et Electronique
- 1992 - 1995** Classes préparatoires aux grandes écoles (Math. Sup et Math. Spé série M)
Lycée Claude Fauriel – Saint-Etienne (42)
- 1992** Baccalauréat Série C (mention Assez Bien)
Lycée Claude Lebois – Saint-Chamond (42)

Compétences :

Génie industriel :
Modélisation d'entreprise, cartographie de processus, approche BPM, gestion de projet.

Informatique :
Architecture de SI, SGBD, modélisation UML, langage C, Java, approches dirigées par les modèles, techno. orientée services / dirigée par les événements.

Langues :
Maîtrise de l'anglais
Pratique de l'allemand

IV. Enseignement

Panorama général

Ecole Nationale Supérieure des Mines d'Albi-Carmaux (2003 - ...) :

- **Ingénierie dirigée par les modèles et MDA (Option GSI)** : Cours – 4 heures (2011 – 2012)
- **Modélisation UML (Option GSI)** : Cours / TP / Projet – 30 heures (2003 – 2012)
- **Système d'Information de gestion de crise (Apprentis)** : Cours – 2 heures (2011)
- **Modélisation BPMN (Option GI et Apprentis)** : Cours / Etude de cas – 20 heures (2008 – 2012)
- **Business Process Management (Domaine GIPSI)** : Cours / Etude de cas – 30 heures (2012)
- **Gestion de projet (2^{ème} année)** : TD / TP – 32 heures (2004 – 2012)
- **Base de données (2^{ème} année)** : Cours / TD – 20 heures (2003 – 2007)
- **Introduction à la modélisation (2^{ème} année)** : Cours – 2 heures (2011 – 2012)
- **Algorithmique et Langage C (1^{ère} année)** : Cours / TD / TP / Projet – 45 heures (2003 – 2012)
- **Introduction SI (1^{ère} année)** : Cours / TD / TP – 20 heures (2008 – 2012)
- **Analyse de données (1^{ère} année)** : Cours / TP – 4 heures (2008 – 2012)

Ecole Nationale Supérieure des Mines d'Alès (1998 – 2003) :

- **Algorithmique et langage JAVA (1^{ère} année)** : Cours / TD / TP – 30 heures (2000 – 2003)
- **Grafcet / RdP / Productique (2^{ème} année)** : Cours / TP / Etude de cas – 20 heures (2000 – 2003)
- **Modélisation UML (2^{ème} année)** : Cours / TP / Projet – 20 heures (2001 – 2003)
- **Sûreté de fonctionnement (Option Automatique)** : Cours – 4 heures (2001 – 2002)

Ecole Supérieure de Commerce de Toulouse (2009 – 2012) :

- **Business Process Management (2^{ème} année)** : Cours / TP – 20 heures (2009 – 2012)
- **Modélisation d'entreprise (Master LAEI)** : Cours / Etude de cas – 20 heures (2009)
- **Introduction SI (Master LAEI)** : Cours / Etude de cas – 20 heures (2011 – 2012)

Ecole d'ingénieur Informatique et Système d'Information pour la Santé (2007 – 2012) :

- **Collaboration et Interopérabilité (3^{ème} année)** : Cours – 3 heures (2009 – 2012)
- **Business Process Management (2^{ème} année)** : Cours / Etude de cas – 30 heures (2008 – 2010)
- **Modélisation UML (2^{ème} année)** : Cours / TP / Projet – 30 heures (2007 – 2012)
- **Introduction SI (1^{ère} année)** : Cours / TD – 4 heures (2010 – 2012)

Autres établissements :

- **Introduction SI (ISAE – 2^{ème} année)** : Cours / TD – 10 heures (2011 – 2012)
- **Introduction SOA (Master IGSI – Université de Toulouse 1)** : Cours – 4 heures (2010 – 2011)
- **Modélisation UML (DEA SyAM – Université de Montpellier 2)** : Cours – 8 heures (2002)

Détail des enseignements

Domaine Génie Industriel :

- **Durant la thèse (1998 - 2001) et le post-doctorat (2001 – 2003) :**

Sujet	Grafcet	Années	1999, 2000, 2001, 2002, 2003
Public	Elèves de deuxième année de l'Ecole des Mines d'Alès (≈ 20 élèves pour un groupe de TD et 100 élèves pour un cours)		
Cours	4 heures	Total	8 heures
TD	2 heures		
TP	2 heures		
Projet			

Sujet	Réseau de Pétri	Années	1999, 2000, 2001, 2002, 2003
Public	Elèves de deuxième année de l'Ecole des Mines d'Alès (≈ 20 élèves pour un groupe de TD et 100 élèves pour un cours)		
Cours		Total	8 heures
TD	4 heures		
TP	4 heures		
Projet			

Sujet	Productique	Années	1999, 2000, 2001, 2002, 2003
Public	Elèves de deuxième année de l'Ecole des Mines d'Alès (≈ 20 élèves pour un groupe de TD et 100 élèves pour un cours)		
Cours			
TD	4 heures	Total	4 heures
TP			
Projet			

Sujet	Sûreté de fonctionnement	Années	2001, 2002
Public	Elèves de dernière année de l'Ecole des Mines d'Alès, option <i>Automatique</i> (≈ 30 élèves)		
Cours			
TD	4 heures	Total	4 heures
TP			
Projet			

- *En tant que Maître-Assistant à l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux (2003 - ...)* :

Sujet	Gestion de projet	Années	2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012
Public	Elèves de deuxième année de l'Ecole des Mines d'Albi (≈ 20 élèves pour un groupe de TD)		
Cours			
TD	32 heures	Total	32 heures
TP			
Projet			

Sujet	Modélisation BPMN	Années	2008, 2009, 2010, 2011, 2012
Public	Elèves de dernière année de l'Ecole des Mines d'Albi, option <i>Génie Industriel</i> (≈ 40 élèves)		
Cours	4 heures		
TD		Total	4 heures
TP			
Projet			

Sujet	Modélisation BPMN	Années	2010, 2011, 2012
Public	Apprentis de deuxième année de l'Ecole des Mines d'Albi (≈ 20 élèves)		
Cours	6 heures		
TD	4 heures	Total	20 heures
TP	4 heures		
Projet	6 heures		

Sujet	Business Process Management	Années	2011, 2012
Public	Elèves de dernière année de l'Ecole des Mines d'Albi, option <i>Génie Industriel et Génie des SI</i> (≈ 50 élèves)		
Cours	4 heures		
TD	8 heures	Total	30 heures
TP	8 heures		
Projet	10 heures		

Sujet	Business Process Management	Années	2008, 2009, 2010
Public	Elèves de deuxième année d'ingénieur ISIS (≈ 20 élèves)		
Cours	4 heures		
TD	8 heures	Total	30 heures
TP	8 heures		
Projet	10 heures		

Sujet	Business Process Management	Années	2009, 2010, 2011, 2012
Public	Elèves de deuxième année de l'Ecole Supérieure de Commerce de Toulouse (≈ 40 élèves)		
Cours	4 heures		
TD	4 heures	Total	20 heures
TP	4 heures		
Projet	8 heures		

Sujet	Modélisation d'entreprise	Années	2009
Public	Elèves du Master LAEI de l'Ecole Supérieure de Commerce de Toulouse (≈ 30 élèves)		
Cours	8 heures	Total	20 heures
TD	8 heures		
TP			
Projet	4 heures		

Sujet	Collaboration et Interopérabilité	Années	2009, 2010, 2011, 2012
Public	Elèves de dernière année d'ingénieur ISIS (≈ 20 élèves)		
Cours	3 heures	Total	3 heures
TD			
TP			
Projet			

Domaine Informatique :

- *Durant la thèse (1998 - 2001) et le post-doctorat (2001 - 2003) :*

Sujet	Algorithmique et programmation JAVA	Années	2000, 2001, 2002, 2003
Public	Elèves de première année de l'Ecole des Mines d'Alès (≈20 élèves pour un groupe de TD et 100 élèves pour un cours)		
Cours	8 heures	Total	30 heures
TD	4 heures		
TP	8 heures		
Projet	10 heures		

Sujet	Introduction à la modélisation UML	Années	2001, 2002, 2003
Public	Elèves de deuxième année de l'Ecole des Mines d'Alès (≈20 élèves pour un groupe de TD et 100 élèves pour un cours)		
Cours	8 heures	Total	20 heures
TD	4 heures		
TP	8 heures		
Projet			

Sujet	Introduction à la modélisation UML	Années	2002
Public	Elèves du Master SyAM de l'Université de Montpellier II (≈20 élèves)		
Cours	8 heures	Total	8 heures
TD			
TP			
Projet			

- *En tant que Maître-Assistant à l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux (2003 - ...) :*

Sujet	Modélisation UML	Années	2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012
Public	Elèves de dernière année de l'Ecole des Mines d'Albi, option <i>Génie des SI</i> (≈ 20 élèves)		
Cours	10 heures	Total	30 heures
TD			
TP	10 heures		
Projet	10 heures		

Sujet	Système de Gestion de Base de Données	Années	2004, 2005, 2006, 2007
Public	Elèves de troisième année de l'Ecole des Mines d'Albi, cours électif (≈ 20 élèves)		
Cours	8 heures	Total	20 heures
TD			
TP	4 heures		
Projet	8 heures		

Sujet	Algorithmique et programmation C	Années	2004, 2005, 2006, 2007, 2008
Public	Elèves de première année de l'Ecole des Mines d'Albi (≈20 élèves pour un groupe de TD et 100 élèves pour un cours)		
Cours	8 heures	Total	45 heures
TD	7 heures		
TP	15 heures		
Projet	15 heures		

Sujet	Algorithmique et programmation C	Années	2009, 2010, 2011, 2012
Public	Elèves de première année de l'Ecole des Mines d'Albi (≈20 élèves)		
Cours		Total	20 heures
TD	4 heures		
TP	8 heures		
Projet	8 heures		

Sujet	Modélisation UML	Années	2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012
Public	Elèves de deuxième année d'ingénieur ISIS (≈ 20 élèves)		
Cours	8 heures	Total	30 heures
TD	4 heures		
TP	8 heures		
Projet	10 heures		

Sujet	Introduction à la modélisation	Années	2011, 2012
Public	Elèves de deuxième année de l'Ecole des Mines d'Albi (≈100 élèves)		
Cours	4 heures	Total	4 heures
TD			
TP			
Projet			

Sujet	Analyse de données	Années	2008, 2009, 2010, 2011, 2012
Public	Elèves de première et deuxième année de l'Ecole des Mines d'Albi (≈20 élèves pour un TD et 100 élèves pour un cours)		
Cours	4 heures	Total	14 heures
TD	2 heures		
TP	8 heures		
Projet			

Sujet	Introduction SI	Années	2008, 2009, 2010, 2011, 2012
Public	Elèves de première année de l'Ecole des Mines d'Albi (≈ 100 élèves)		
Cours	8 heures	Total	20 heures
TD	4 heures		
TP	8 heures		
Projet			

Sujet	Introduction SI	Années	2010, 2011, 2012
Public	Elèves de dernière année d'ingénieur ISIS (≈ 20 élèves)		
Cours		Total	4 heures
TD	4 heures		
TP			
Projet			

Sujet	Introduction SI	Années	2011, 2012
Public	Elèves du Master LAEI de l'Ecole Supérieure de Commerce de Toulouse (≈ 20 élèves)		
Cours	8 heures	Total	20 heures
TD	4 heures		
TP			
Projet	8 heures		

Sujet	Introduction SI	Années	2008, 2009, 2010, 2011, 2012
Public	Elèves de première année de l'Ecole des Mines d'Albi (≈ 100 élèves)		
Cours	8 heures	Total	20 heures
TD	4 heures		
TP	8 heures		
Projet			

Sujet	Introduction SI	Années	2011, 2012
Public	Elèves de deuxième année de SupAéro (≈ 20 élèves)		
Cours	4 heures	Total	10 heures
TD	2 heures		
TP			
Projet	4 heures		

Sujet	Introduction SOA	Années	2010, 2011
Public	Elèves du Master IGSI de l'Université de Toulouse 1 (≈ 30 élèves)		
Cours	4 heures	Total	4 heures
TD			
TP			
Projet			

Sujet	Système d'Information de gestion de crise	Années	2011
Public	Apprentis de première année de l'Ecole des Mines d'Albi (≈ 20 élèves)		
Cours	2 heures	Total	2 heures
TD			
TP			
Projet			

Sujet	Ingénierie dirigée par les modèles et MDA	Années	2011, 2012
Public	Elèves de dernière année de l'Ecole des Mines d'Albi, option <i>Génie des SI</i> (≈ 20 élèves)		
Cours	4 heures	Total	4 heures
TD			
TP			
Projet			

Complément et responsabilités

Ecole Nationale Supérieure des Mines d'Alès (1998 – 2003) :

- **Algorithmique et langage JAVA** (*1^{ère} année*) : Montage et coresponsabilité du module
- **Modélisation UML** (*2^{ème} année*) : Montage et coresponsabilité du cours

Ecole Nationale Supérieure des Mines d'Albi-Carmaux (2003 - ...) :

- **Algorithmique et langage C** (*1^{ère} année*) : Montage et coresponsabilité du module
- **Modélisation UML et MDA** (*Option GSI*) : Montage et responsabilité du module
- **Unité d'enseignement « Sciences de l'Information et de la Communication » (UE-SIC)** (*1^{ère} année*) : Montage et responsabilité de l'unité d'enseignement
- **Unité d'enseignement « Maîtrise d'Ouvrage » (UE-MOA)** (*Option GSI*) : Montage et responsabilité de l'unité d'enseignement
- **Suivis de nombreux étudiants en stage** (une dizaine par an depuis 2003).

V. Aperçu des activités de recherche

Les travaux de recherche évoqués dans ce document, depuis le doctorat, relèvent de *l'assistance à la conception de systèmes*. Cette activité de recherche a été menée vis-à-vis de différents contextes applicatifs ; néanmoins, certains invariants en assurent la continuité : (i) le rôle du modèle (UML, BPMN, DSL et approche IDM), (ii) le couplage des approches de génie industriel (BPM) avec les potentialités informatiques (SOA, EDA et technologie ESB) et (iii) la prise en compte de la légitimité (en termes de fiabilité, de pertinence ou d'intégration) du système modélisé ou conçu. En outre, tous ces travaux ont toujours eu pour vocation, non seulement, d'aboutir à un outillage logiciel (a minima de démonstration des concepts et mécanismes) mais également de relever d'un domaine d'application concret (*optronique, réseau d'entreprises, gestion de crise*), afin de conférer un caractère appliqué à ces activités de recherche.

Un projet global (initié en 2004) dirige plus précisément les activités de recherche. Il s'agit du projet MISE (*Mediation Information System Engineering*) qui relève du support des collaborations d'organisations par l'intermédiaire du déploiement agile de systèmes informatisés de médiation. A la thématique générale citée précédemment d'*assistance à la conception de systèmes*, le projet MISE a apporté des considérations fortes de *dynamisme* et d'*agilité* afin de concevoir le système cible *rapidement* et de le *maintenir* en ligne avec un contexte et des objectifs fluctuant. Ce projet est plus amplement détaillé dans le volet scientifique.

Publications :

- 4 publications dans des revues internationales avec comité de lecture (*référéncées WoS*)
- 4 publications dans des revues nationales avec comité de lecture
- 8 articles soumis dans des revues internationales avec comité de lecture (*référéncées WoS*)
- 15 communications lors de conférences internationales avec comité de lecture (*référéncées WoS*)
- 32 communications lors de conférences internationales avec comité de lecture
- 20 communications lors de conférences nationales avec comité de lecture

Soient 19 articles référencés dans le **Web Of Science**.

Le tableau suivant propose une répartition chronologique de ces données :

		<2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Jour. Int	Publiée WoS							2	1	1	
	Soumise WoS									1	7
Jour. Nat		1			2				1		
Conf. Int	WoS	2			1	2	5	2	2	1	
	¬WoS	2			1	1	4	2	5	7	10
Conf. Nat.		4	2	1	1	4	3	4	1		

Projets :

- Responsable local du projet FUI **OpenPaaS** (2012 – 2015) – financement : **200 092 €**
- **Coordinateur global** du projet PREDIT **SIM-PeTra** (2011 – 2013) – financement : **146 730 €**
- Responsable local du projet ANR **SocEDA** (2010 – 2013) – financement : **147 461 €**
- Responsable local du projet Européen ICT **PLAY** (2010 – 2013) – financement : **294 180 €**
- Responsable local du projet FUI **ISTA3** (2009 – 2012) – financement : **120 603 €**
- **Coordinateur global** du projet ANR **ISyCri** (2006 – 2009) – financement : **108 851 €**
- Responsable local du projet ANR **JOnES** (2005 – 2008) – financement : **36 228 €**
- Participant au projet ANR **I-CARE** (2001 – 2003) – financement : **240 000 €**

Montage et soumission de plus d'une **vingtaine** de propositions de projets (ANR et Europe en particulier). Ces projets ont permis l'embauche directe de **7** doctorant(e)s et de **5** post-doctorant(e).

Le tableau suivant synthétise ces données :

Projet	Période	Budget total	Subvention total	Budget Centre	Subvention Centre	H.mois Centre	H.mois embauches	Personnes embauchées	Rôle
I-CARE	01/01/01 31/12/03	-	-	-	240 k€	44	36	P. Frausto, F. Bénaben	Montage Participation Pilotage local Pilotage global
JOnES	19/12/05 19/03/08	1 783 k€	1 172 k€	78,4 k€	36,2 k€	8,5	6	J. Touzi	Montage Participation Pilotage local Pilotage global
ISyCri	03/05/07 02/02/10	1 539 k€	721,8 k€	252 k€	108,8 k€	35	29	S. Truptil, J. Touzi	Montage Participation Pilotage local Pilotage global
ISTA3	15/10/08 14/01/12	3 167 k€	1 556 k€	241,2 k€	120,6 k€	46	36	W. Mu	Montage Participation Pilotage local Pilotage global
PLAY	01/10/10 30/09/13	3 938 k€	2 894 k€	389 k€	294,2 k€	52	36	A.M. Barthe S. Truptil A. Charles	Montage Participation Pilotage local Pilotage global
SocEDA	01/10/10 30/09/13	3 991 k€	1 579 k€	295 k€	157,9 k€	30	18	A.M. Barthe S. Truptil	Montage Participation Pilotage local Pilotage global
SIM-PeTra	08/09/11 07/09/13	351 k€	146,7 k€	261,7 k€	146,7 k€	30	24	G. Macé Ramète	Montage Participation Pilotage local Pilotage global
OpenPaaS	01/07/12 30/06/15	5 738 k€	2 774 k€	500 k€	200 k€	57	36	A. Montarnal W. Mu	Montage Participation Pilotage local Pilotage global

Encadrement :

4 Masters Recherches encadrés ou co-encadrés (au moins à 50%) :

- Master Recherche de *Yousra Ben Zaida* (2004)
- Master Recherche de *Wenxin Mu* (2009)
- Master Recherche de *Song-Tao Zang* (2010)
- Master Recherche de *Tiexin Wang* (2012) – **en cours**

8 Thèses de Doctorat encadrés ou co-encadrés (au moins à 50%) :

- Thèse de Doctorat de *Jihed Touzi* (2004 – 2007)
- Thèse de Doctorat de *Vatcharaphun Rajsiri* (2006 – 2009)
- Thèse de Doctorat de *Sébastien Truptil* (2007 – 2011)
- Thèse de Doctorat de *Wenxin Mu* (2009 – 2012) – **en cours**
- Thèse de Doctorat de *Nicolas Boissel-Dallier* (2009 – 2012) – **en cours**
- Thèse de Doctorat de *Anne-Marie Barthe-Delanoë* (2010 – 2013) – **en cours**
- Thèse de Doctorat de *Sarah Zribi* (2010 – 2013) – **en cours**
- Thèse de Doctorat de *Guillaume Macé Ramète* (2011 – 2014) – **en cours**

VI. Implication et responsabilités administratives

Relations industrielles :

- 3 thèses CIFRE
- Collaboration avec des partenaires industriels dans des projets financés (français et européens)
- Tutorat de projet d'élèves avec visite aux industriels d'accueil (3 à 5 par an depuis 2004)

Relations académiques :

- Collaboration avec des partenaires académiques dans des projets financés (français et européens)
- Enseignements dans des établissements partenaires (ISIS, ESC Toulouse, ISAE, UT1)
- Représentant de l'Ecole des Mines d'Albi au sein du Pôle Grand Sud-Ouest (l'un des neuf pôles du laboratoire virtuel européen de recherche sur l'interopérabilité : InterOp V-Lab)
- Coordinateur du groupe thématique « TG2 : Crisis Management » du laboratoire virtuel européen de recherche sur l'interopérabilité : InterOp V-Lab
- Membre du Groupe de Recherche du CNRS : GDR MACS (*Modélisation, Analyse et Conduite des Systèmes dynamiques*, chercheurs de la communauté française du *Génie Industriel*)
- Impliqué dans le Groupe de Travail du GDR MACS : GT Easy-DIM (*Ingénierie d'entreprise et de système d'information dirigée par les modèles*)
- Invité dans un autre Groupe de Recherche : GDR I3 (*Information, Interaction, Intelligence*, chercheurs de la communauté française en *Informatique*)

Rayonnement scientifique :

- Montage (écrit) et défense (orale) du dossier de candidature pour l'organisation par le Centre de Génie Industriel de l'Ecole des Mines de la conférence internationale I-ESA 2014
- Organisation et pilotage du Workshop I-CriMa (*Interoperability and Crisis Management*) adossé à la conférence I-ESA 2012 (*International Conference on Interoperability for Enterprise Systems and Applications*)
- Organisation et pilotage d'une session spéciale lors de IEEE DEST 2012 (*IEEE International conference on Digital Ecosystems Technologies*)
- Organisation et pilotage d'une session spéciale lors des conférences ISCRAM 2009 et ISCRAM 2012 (*International Conference on Information Systems for Crisis Reduction and Management*)
- Organisation et pilotage d'une session spéciale lors de la conférence Pro-VE 2010 (*IFIP Working Conference on VIRTUAL ENTERPRISES*)
- Membre du programme scientifique de plusieurs conférences (I-ESA, MEDES, Pro-VE, DEST)
- Relecteur pour les journaux internationaux (indexés WoS) : *Enterprise Information Systems*, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*
- Relecteur de communications pour les conférences IEEE-DEST, I-ESA, INCOM, GI
- Relecteur pour l'ANR sur le programme CSOSG (*Concepts, Systèmes et Outils pour la Sécurité Globale*)

Implication pédagogique :

- Montage et pilotage du module *Programmation* (2002 – Ecole des Mines d'Alès – 1^{ère} année)
- Implication dans la réforme pédagogique de l'Ecole des Mines d'Albi (2006 – 2008)
- Montage et pilotage de l'Unité d'Enseignement *Science de l'Information et de la communication* (2008 – Ecole des Mines d'Albi – 1^{ère} année)
- Montage et pilotage de l'Unité d'Enseignement *Maîtrise d'Ouvrage* (2011 – Ecole des Mines d'Albi – Option GSI)
- Montage et pilotage de nombreux cours

Listes des publications

I. Revues internationales avec comité de lecture

- Bénaben, F., Boissel-Dallier, N., Pingaud, H., Lorré, J.-P. (2011)
Semantic issues in model-driven management of information system interoperability.
International Journal of Computer Integrated Manufacturing (IJCIM), Taylor&Francis, 2011.
DOI: 10.1080/0951192X.2012.684712
- Rajsiri, V., Lorré, J.-P., Bénaben, F., and Pingaud, H., (2010)
Knowledge-based system for collaborative process specification.
Computers in Industry (CII), Elsevier, Volume 61, issue 2, pp. 161-175, Février 2010.
- Touzi, J., Bénaben, F., Pingaud, H., and Lorré, J.-P., (2009)
A Model-Driven approach for Collaborative Service-Oriented Architecture design.
International Journal of Production Economics (IJPE), Elsevier, Volume 121, issue 1, pp. 5-20.
Septembre 2009.
- Bénaben, F., and Pingaud, H., (2009)
The MISE project: a first experience in Mediation Information System Engineering.
Information Systems: People, Organizations, Institutions, and Technologies, Springer Physica-Verlag, pp. 399-406.
DOI: 10.1007/978-3-7908-2148-2_46, ISBN: 978-3-7908-2149-9

II. Revues nationales avec comité de lecture

- Truptil, S., Bénaben, F., and Pingaud, H., (2010)
Une architecture de système d'information collaboratif pour la gestion de crise.
ISI Revue, Hermès, vol. 15, n°3, pp. 11-36.
- Touzi, J., Bénaben, F., and Pingaud, H. (2006)
Interopérabilité et Systèmes d'Informations – Aide à la conception de système d'information inter-organisationnel à partir de processus collaboratifs.
ISI Revue, Hermès, vol. 6, n°3, pp. 31-52.
- Bénaben, F., Touzi, J., Rajsiri, V., and Pingaud, H., (2006)
Collaborative Information System Design.
Special Issue Association Information and Management, Lecture Notes in Informatics, GI-Edition, pp. 281-296.
- Bénaben, F., Antoine, C., Pignon J.-P., Magnier, J., Larnac, M., (2001)
Une méthode d'aide à la conception fonctionnelle de systèmes techniques multi-technologies
Revue Génie Logiciel – ingénierie des exigences, n°57, juin 2001, pp. 32-38.

III. SOUMISSIONS (Revue internationale)

- Mu W., Bénaben, F., Pingaud H. (2011) – **accepté avec modifications**
Collaborative Business Process Deduction in a Model-Driven BPM Approach.
Enterprise Information System (EIS), Taylor&Francis.
- Barthe-Delanoë, A.-M., Bénaben, F., Carbonnel, S., Pingaud, H. (2012) - **soumis**
Event-driven agility of interoperability during the runtime of collaborative processes.
Computers In Industry (CII), Elsevier.

- Lauras, M., Truptil, S., Bénaben, F., Chapurlat, V. (2012) – **soumis**
Crisis Management Meta-Modeling for an Improvement of Information Systems' Interoperability in Emergency Situation.
Data and Knowledge Engineering (DKE), Elsevier.
- Mu W., Bénaben, F., Pingaud H. (2012) - **soumis**
Collaborative Framework Proposal in Mediation Information System Engineering.
Knowledge And Information System (KAIS), Springer.
- Truptil, S., Bénaben, F., Lauras, M., Pingaud, H. (2012) – **soumis**
Assisted design of collaborative business behavior in a crisis management context.
Intelligent Systems (IS), IEEE.
- Bénaben, F., Truptil, S., Salatgé, N., Pignon, J.-P., Hanachi, C., Chapurlat, V., Pingaud, H. (2012) – **soumis**
Interoperability in Crisis Cell through Mediation Information System.
Intelligent Systems (IS), IEEE.
- Boissel-Dallier, N., Bénaben, F., Pingaud, H., Lorré, J.-P. (2012) – **soumis**
Hybrid Service Composition Mechanism for Business Process Transformation.
Information Systems (IS), Elsevier.
- Bénaben, F., Pingaud, H. (2012) – **soumis**
Model-Driven Engineering of Mediation Information System in Collaborative Situations.
Transaction on Software Engineering (TSE), IEEE.

IV. Conférences internationales (Web of Science)

- Charles, A., Lauras, M., Barthe, A.-M., Benaben, F. (2011)
Gathering, structuring and modeling business process knowledge of the response to a nuclear crisis: towards a simulation platform for better coordination
Proceedings of Pro-VE'11, Springer, IFIP, vol.362, pp. 486-493. Sao Paulo, Brazil.
- Truptil, S., Bénaben, F., and Pingaud, H. (2010)
A Mediation Information System to help to coordinate the response of a crisis
Proceedings of Pro-VE'10, Springer, IFIP, vol. 336, pp. 173-180. Saint-Etienne, France.
- Bénaben, F., Boissel-Dallier, N., Lorré, J.-P., and Pingaud, H. (2010)
Semantic reconciliation in interoperability management through model-driven approach.
Proceedings of Pro-VE'10, Springer, IFIP, vol. 336, pp. 705-712. Saint-Etienne, France.
- Rajsiri, V., Lorré, J.-P., Bénaben, F., and Pingaud, H. (2009)
Prototype of an ontology-based approach for collaborative process specification.
Proceedings of INTEROP-ESA'09, Springer-Verlag, pp. 53-59. Beijing, China.
- Boissel-Dallier N., Lorré, J.-P., Bénaben, F., and Pingaud, H. (2009)
Management tool for semantic annotations in WSDL.
Proceedings of OnTheMove'09, LNCS, vol. 5872, pp. 898-906. Vilamoura, Portugal.
- Touzi, J., Bénaben, F., Lorré, J.-P., and Pingaud, H. (2008)
Prototype to support morphism between BPMN collaborative process model and collaborative SOA architecture model.
Proceedings of INTEROP-ESA'08, Springer-Verlag, pp. 145-158. Berlin, Germany.
- Rajsiri, V., Barthe, A.-M., Bénaben, F., Lorré, J.-P., and Pingaud, H. (2008)
Contribution to Knowledge-based Methodology for Collaborative Process Definition: Knowledge extraction from 6napse platform.
Proceedings of INTEROP-ESA'08, Springer-Verlag, pp. 437-450. Berlin, Germany.

- Truptil, S., Bénaben, F., Couget, P., Lauras, M., Chapurlat, V., and Pingaud, H., (2008)
Interoperability of Information Systems in Crisis Management : Crisis Modeling and
Metamodeling.
Proceedings of INTEROP-ESA'08, Springer-Verlag, pp. 583-594. Berlin, Germany.
- Tahir, O., Andonoff, C., Hanachi, C., Sibertin-Blanc, C., Bénaben, F., Chapurlat, V., and Lambolais, T., (2008)
A Collaborative Information System Architecture for Process-based Crisis Management.
Proceedings of KES'08, Springer-Verlag, vol. 5179, pp. 630-641. Zagreb, Croatia.
- Rajsiri, V., Lorré, J.-P., Bénaben, F. and Pingaud, H. (2008)
Collaborative process definition using an ontology-based approach.
Proceedings of Pro-VE'08, Springer, IFIP, vol. 283, pp. 205-212. Poznan, Poland.
- Rajsiri, V., Lorré, J.-P., Bénaben, F., and Pingaud, H. (2007)
Cartography for designing collaborative processes.
Proceedings of INTEROP-ESA'07, Springer-Verlag, pp. 257-261. Madeira, Portugal.
- Rajsiri, V., Lorré, J.-P., Bénaben, F., and Pingaud, H. (2007)
Cartography based methodology for collaborative process definition, Establishing the Foundation
of Collaborative Networks.
Proceedings of Pro-VE'07, Springer, IFIP, vol. 243, pp. 479-486. Guimaraes, Portugal.
- Touzi, J., Lorré, J.-P., Bénaben, F., and Pingaud, H., (2006)
Interoperability through model based generation : the case of the Collaborative Information
System.
Proceedings of INTEROP-ESA'06, Springer-Verlag, pp. 407-416. Bordeaux, France.
- Addouche, N., Antoine, C. and Bénaben, F., (2003)
Methodology for modelling and verifying critical systems for operational safety.
Proceedings of CCECE'2003, IEEE, vol. 1-3, pp. 1319-1322. Montréal, Canada.
- Bénaben, F., Larnac, M., Pignon, J.-P., Magnier, J., (2000)
A process for improving multi-technology system high level design: modeling, verification and
validation of complex optronic system
Proceedings of SMC'2000. IEEE, vol. 1-5, pp. 1036-1040. Nashville, USA.

V. Conférences internationales avec comité de lecture

- Barthe-Delanoë, A.-M., Bénaben, F., Carbonnel, S., Pingaud, H., (2012)
Event-Driven Agility of Crisis Management Collaborative processes.
Proceedings of ISCRAM'12. Vancouver, Canada.
- Macé Ramète, G., Lauras, M., Bénaben, F., Lamothe, J., (2012)
Towards an agile information decision support system in transport crisis context.
Proceedings of MOSIM'12. Bordeaux, France.
- Zribi, S., Bénaben, F., Ben Hamida, A., Lorré, J.-P., (2012)
Towards a Service and Choreography Governance Framework for Future Internet.
Proceedings of INTEROP-ESA'12, Springer-Verlag. Valencia, Spain.
- Boissel-Dallier, N., Bénaben, F., Pingaud, H., (2012)
Model-driven engineering of mediation information system: application to the ISTA3 use-case.
Proceedings of MDI workshop of INTEROP-ESA'12, ISTE. Valencia, Spain.
- Macé-Ramète, G., Bénaben, F., Lamothe, J., (2012)
Towards an agile information decision support system in transport crisis context.
Proceedings of I-CriMa workshop of INTEROP-ESA'12, ISTE. Valencia, Spain.

- Bénaben, F., Pingaud, H., (2012)
A Model-Driven approach to achieve enterprise collaboration with interoperable services and situational awareness – Mediation Information System Engineering.
Proceedings of AmFine workshop of INTEROP-ESA'12, ISTE. Valencia, Spain.
- Lauras, M., Charles, A., Truptil, S., Bénaben, F., (2012)
Towards an interoperable IT platform for better coordination of crisis response.
Proceedings of I-CriMa workshop of INTEROP-ESA'12, ISTE. Valencia, Spain.
- Macé Ramète, G., Lamothe, J., Lauras, M., Bénaben, F. (2012)
A road crisis management metamodel for an information decision support system
Proceedings of IEEE-DEST'12, Springer-Verlag. Campioni d'Italia, Italy.
- Lauras, M., Stuehmer, R., Verginadis, Y., Bénaben, F. (2012)
An event-driven platform to manage agility – behaviour adaptation in delivery context
Proceedings of IEEE-DEST'12, Springer-Verlag. Campioni d'Italia, Italy.
- Macé Ramète, G., Lauras, M., Bénaben, F., Lamothe, J., (2012)
Towards an agile information decision support system in transport crisis context.
Proceedings of ILS 2012, Quebec, Canada.
- Barthe, A.-M., Lauras, M., Bénaben, F. (2011)
Improving the Design of Interoperable Platform through a Structured Case Study Description Approach: Application to a Nuclear Crisis.
Proceedings of ISCRAM'11. Lisbon, Portugal.
- Barthe, A.-M., Bénaben, F., Truptil, S., Lorré, J.-P., Pingaud, H. (2011)
MDI for SOA management of crisis.
Proceeding of MDI/SOA workshop of IWEI'11, Springer, IFIP. Stockholm, Sweden.
- Boissel-Dallier, N., Lorré, J.-P., Bénaben, F. (2011)
SA-Policy: Semantics Annotations for WS-Policy.
Proceedings of IWEI'11, Springer, IFIP. Stockholm, Sweden.
- Mu, W., Bénaben, F., Pingaud, H., Boissel-Dallier, N., Lorré, J.-P. (2011)
A model-driven BPM approach for SOA mediation IS design in a collaborative context.
Proceedings of SCC'11, IEEE, pp. 747-748. Washington, USA.
- Truptil, S., Barthe, A.-M., Bénaben, F., Stuehmer, R. (2011)
Nuclear crisis use-case management in an event-driven architecture
Proceedings of edBPM workshop of BPM'11. Clermont-Ferrand, France.
- Bénaben, F., Pingaud, H., Rajsiri, V., Lorré, J.-P. (2011)
Collaborative Porcess Deduction Through a Knowledge-Based System
Proceedings of OntoFlow workshop of DEXA'11, IEEE. Toulouse, France.
- Truptil, S., Bénaben, F., Pingaud, H. (2011)
On-the-Fly adaptation of crisis response information system.
Proceedings of MEDES'11, ACM. San Francisco, United States of America.
- Bénaben, F., Mu, W., Truptil, S., Lorré, J.-P., and Pingaud, H., (2010)
Information Systems design for emerging ecosystems : A model-driven approach diving into abstraction layers
Proceedings of IEEE-DEST'10, Springer-Verlag. Dubai, UAE.
- Truptil, S., Bénaben, F., and Pingaud, H., (2010)
Collaborative process deduction to help the crisis cell emerging ecosystem to coordinate the crisis response
Proceedings of IEEE-DEST'10, Springer-Verlag. Dubai, UAE.

- Truptil, S., Bénaben, N., Salatgé, P., Hanachi, C., Chapurlat, V., Pignon, J.-P., Pingaud, H., (2010)
Mediation Information System Engineering for Interoperability Support in Crisis Management.
Proceedings of INTEROP-ESA'10, Springer-Verlag. Coventry, England.
- Mu, W., Bénaben, F., and Pingaud, H., (2010)
Mediation Information System Engineering: Business characterization in collaborative situation
Proceedings of INTEROP-ESA'10, Springer-Verlag. Coventry, England.
- Boissel-Dallier N., Bénaben, F., Lorré, J.-P., and Pingaud, H., (2010)
The Mediation Information System Engineering Project: Status and Perspectives
Proceedings of INTEROP-ESA'10, Springer-Verlag. Coventry, England.
- Truptil, S., Bénaben, F., Hanachi, C., and Pingaud, H., (2009)
Collaborative process design for Mediation Information System Engineering.
Proceedings of ISCRAM'09. Göteborg, Sweden.
- Daclin, N., Chapurlat, V., and Bénaben F., (2009)
A verification approach applied for analyzing collaborative processes: the Anticipative Effects-Driven Approach.
Proceedings of INCOM'09. Moscow, Russia.
- Touzi, J., Bénaben, F., and Pingaud, H. (2008)
Model Transformation of Collaborative Business Process into Mediation Information System.
Proceedings of IFAC'08. Seoul, Korea.
- Rajsiri, V., Lorré, J.-P., Bénaben, F. and Pingaud, H. (2008)
Ontology-based Methodology for Collaborative Process Definition of Enterprise Networks.
Proceedings of IFAC'08. Seoul, Korea.
- Bénaben, F., Hanachi, C., Lauras, M., Couget, P., and Chapurlat, V., (2008)
A Metamodel and its Ontology to Guide Crisis Characterization and its Collaborative Management.
Proceedings of ISCRAM'08. Washington, USA.
- Bénaben, F., Touzi, J., Rajsiri, V., Truptil, S., Lorré, J.-P., and Pingaud, H., (2008)
Mediation Information System Design in a Collaborative SOA Context through a MDD Approach.
Proceedings of MDISIS'08 workshop of CAISE'08. Montpellier, France.
- Touzi, J., Bénaben, F., Lorré, J.-P., and Pingaud, H., (2007)
A Service Oriented Architecture approach for Collaborative Information System design.
Proceedings of IESM'07. Beijing, China.
- Touzi, J., Bénaben, F., and Pingaud, H. (2006)
Collaborative information system design : from process model to information system model.
Proceedings of INCOM'06, vol. 1, pp. 615-620. St Etienne, France.
- Bénaben, F., Antoine, C., Pignon, J.-P., (2002)
A UML-based complex system design method : MoFoV.
Proceedings of IEEE SMC'2002. Hammamet, Tunisie.
- Pignon, J.-P., Bénaben, F., (2000)
Modeling in support of functional system design
Proceedings of the 16th IMACS World Congress 2000. Lausanne, Suisse.

VI. Conférences nationales avec comité de lecture

- Truptil, S., Bénaben, Pignon, J.-P., Hanachi, C., F., Salatgé, N., Chapurlat, V., and Pingaud, H., (2010)
Projet ISyCri : Une architecture de médiation pour la gestion des situations de crise.
Workshop ANR/DGA WISG'10. Troyes, France.

- Truptil, S., Bénaben, F., Chapurlat, V., Hanachi, C., Pignon, J.-P., and Salatgé, N., (2009)
Projet ISyCri : Démarche de création d'un processus collaboratif de réponse à une crise.
Workshop ANR/DGA WISG'09. Troyes, France.
- Truptil, S., Bénaben, F., Pingaud, H., and Hanachi, C., (2009)
Une architecture de système d'information collaboratif pour la gestion de crise.
Proceedings of INFORSID'09. Toulouse, France.
- Bénaben, F., Truptil, S., Rajsiri, V., Lorré, J.-P., and Pingaud, H., (2009)
Conception dirigée par les modèles de SI inter-organisationnels.
Proceedings of IESI/SIRE Workshop of INFORSID'09. Toulouse, France.
- Truptil, S., Bénaben, F., and Pingaud, H., (2009)
Démarche de création d'un processus collaboratif de réponse à une crise
Proceedings of CIGI'09. Bagnères-de-Bigorres, France.
- Bénaben, F., Lauras, M., Couget, P., Chapurlat, V., Hanachi, C., Pignon, J.-P., and Lorré, J.-P., (2008)
Projet ISyCri : Caractérisation de situation de crise.
Workshop ANR/DGA WISG'08. Troyes, France.
- Lauras, M., Tipret, J., Bénaben, F., Lamothe, J., and Chapurlat, V., (2008)
Modélisation d'une situation de crise : Vers une interopérabilité des systèmes d'information.
Proceedings of MOSIM'08. Paris, France.
- Bénaben, F., Touzi, J., Lorré, J.-P., and Pingaud, H., (2008)
Du processus collaboratif au médiateur des systèmes d'information des partenaires.
Proceedings of MOSIM'08. Paris, France.
- Bénaben, F., Pignon, J.-P., Hanachi, C., Lorré, J.-P., and Chapurlat, V., (2007)
Interopérabilité des systèmes en situation de crise.
Workshop ANR/DGA WISG'07. Troyes, France.
- Rajsiri, V., Bénaben, F., Pingaud, H., and Lorré, J.-P., (2007)
Définition et utilisation d'une cartographie pour la modélisation de processus collaboratifs.
Proceedings of ECI Workshop'07. Paris, France.
- Couget, P., Bénaben, F., Lauras, M., Hanachi, C., and Chapurlat, V., (2007)
Information Systems interoperability as a way to Partners Integration on a Crisis Context.
Proceedings of ICSSEA'07. Paris, France.
- Bénaben, F., Touzi, J., Rajsiri, V., Lorré, J.-P., and Pingaud, H., (2007)
L'interopérabilité des SI comme moyen vers l'intégration de l'écosystème industriel.
Proceedings of CIGI'07. Trois-Rivières, Québec, Canada.
- Bénaben, F., Touzi, J., Rajsiri, V., and Pingaud, H., (2006)
Conception de système d'information collaboratif.
Proceedings of AIM'06. Luxembourg, Grand Duché du Luxembourg.
- Touzi, J., Bénaben, F., and Pingaud, H., (2005)
Une approche de la conception d'un SI d'entreprise par la représentation des processus.
Proceedings of ECI Workshop'05. Paris, France.
- Bénaben, F., Gourc, D., Villareal, C., Ravalison, B., and Pingaud, H., (2004)
Une méthode d'identification des risques : application à un projet coopératif.
Proceedings of AFIS-AFITEP-AFAV Congress'04. Paris, France.
- Bénaben, F., Gourc, D., Villareal, C., Ravalison, B., and Pingaud, H., (2004)
RIR – Recensement et Identification des Risques : Identification des risques en conduite de projet.
Proceedings of ICSSEA'04, vol. 1, Session n°5. Paris, France.

Addouche, N., Antoine, C., Bénaben, F., (2003)

Modélisation Orientée Objet et Formalisation d'un Système Industriel pour l'Analyse de la Sûreté de Fonctionnement

Proceedings of IEEE Canada CCGEI'2003. Montreal, Canada

Bénaben, F., Antoine, C., Pignon, J.-P., Magnier, J., Larnac, M., (2000)

Une méthode d'aide à la conception fonctionnelle de systèmes techniques multi-technologies

Proceedings of ICSSEA'2000. Paris, France.

Bénaben, F., Antoine, C., Pignon, J.-P., Magnier, J., Larnac, M., (2000)

Formalisation de modèles pour la vérification de propriétés de systèmes hétérogènes.

Proceeding of AFIS-AFITEP'00. Toulouse, France.

Bénaben, F., Larnac, M., Pignon, J.-P., Magnier, J., (2000)

Intervention des exigences dans un processus d'aide à la conception de système multi-technologique

Nîmes NTIC'2000. Nîmes, France

CHAPITRE 2 : VOLET SCIENTIFIQUE

Introduction

Les poncifs actuels inhérents à l'évolution des sociétés humaines, reposant structurellement sur le concept d'organisations (parmi lesquelles on retrouve naturellement les entreprises, les associations, les institutions, etc.), mettent systématiquement l'accent sur la fluidification de cet écosystème d'organisations et sur la nécessité, pour ces organisations, de pouvoir prendre part rapidement, efficacement et de manière aussi transparente que possible aux opportunités de collaboration générées par cette fluidification. Tout poncifs que soient ces considérations, elles n'en demeurent pas moins incontournables. Un enjeu majeur, pour les organisations impliquées dans ces sociétés modernes, relève donc de leur capacité à pouvoir saisir ces opportunités collaboratives.

La problématique initiale abordée par les travaux de recherche que ce document propose de synthétiser peut être formulée au travers de l'interrogation suivante :

Form0 : Comment permettre aux organisations de saisir efficacement les opportunités de collaboration qui se présentent à elles ?

Le présent volet scientifique ambitionne de décrire comment cette problématique a été considérée, étudiée, abordée et traitée au cours des neuf années passées. Le document s'articule autour de deux parties : (i) décantation de la problématique générale au travers, successivement, des tamis « organisationnel », « structurel », « architectural », « technologique », « méthodologique », « outillage » et « comportemental » afin d'aboutir à une problématique détaillée et raffinée permettant d'aborder une résolution ambitieuse mais cohérente, (ii) présentation du mode de traitement, des résultats obtenus et des travaux de thèses ou projets financés qui supportent cette thématique de recherche. Cette présentation se décline selon les étapes successives d'une démarche globale de traitement de la problématique présentée lors de la première partie.

L'objectif principal de ce choix d'articulation en deux parties est de mettre en évidence la façon dont ces différents travaux de recherche, à la fois s'appuient sur une réflexion et une analyse scientifiques étayées et argumentées vis-à-vis de la problématique choisie (c'est là tout le rôle de la première partie), mais s'inscrivent également dans une dynamique de résolution unique et cohérente, articulée autour d'un seul et même projet de recherche, dorsale structurante à la fois des définitions de sujets de thèses et des soumissions de projets financés (c'est ici le rôle de la deuxième partie). La figure suivante (figure 0.1) illustre la structuration générale du volet scientifique du document :

- La première partie s'appuie sur de nombreux travaux issus de différentes communautés scientifiques dont les résultats constituent un « *background* » scientifique susceptible d'alimenter les différents *filtres* des « bassins de décantation » successifs qui vont permettre d'analyser la *problématique identifiée*, telle que formulée précédemment (cf. Form0). L'application de ces divers *filtres scientifiques* aboutit non seulement à la formulation, en fin de première partie, d'une *problématique analysée*, plus précise et mieux formalisée, mais également, tout au long de cette première partie, à la production de *constats* intermédiaires qui seront utilisés lors de la deuxième partie.
- La deuxième partie présente la *démarche générale* qui a été proposée pour réaliser le traitement de la *problématique identifiée* lors de la première partie et la décrit selon ses différents *composants*. La présentation de ces *composants* repose à la fois sur les *constats intermédiaires* produits lors de la première section (essentiellement en tant qu'éléments de légitimation) mais également sur les briques opérationnelles que constituent les *thèses* (réalisées ou en cours) et les *projets de recherche financés* (également réalisés ou en cours). Cette deuxième partie aboutit à la *description la plus détaillée et justifiée* possible d'une *démarche de résolution* efficace de la problématique raffinée lors de la première partie.

La structuration de ce volet scientifique en deux parties (telles que présentées en figure 0.1) n'a évidemment pas été motivée par la volonté de mener une description chronologique des activités de recherche menées durant les neuf dernières années au sein du Centre de Génie Industriel de l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux, mais plutôt d'en proposer une synthèse structurée selon des critères d'influence, de dépendance et d'implication logique. Néanmoins, au-delà de ce principe, les pages suivantes ne s'affranchiront pas de toute considération temporelle puisque certains choix et certaines orientations ne peuvent être légitimés que lorsqu'ils sont mis en perspective du contexte dans lequel ils ont été déterminés.

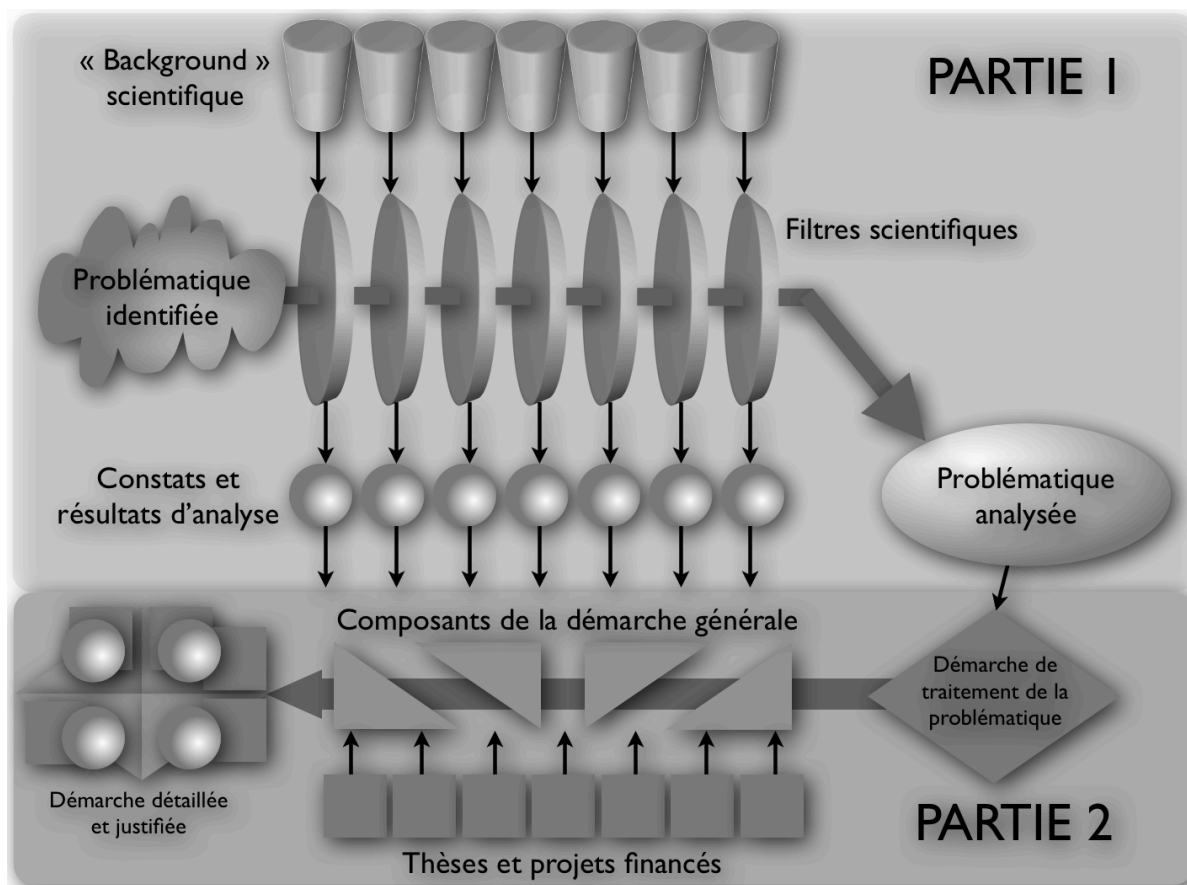
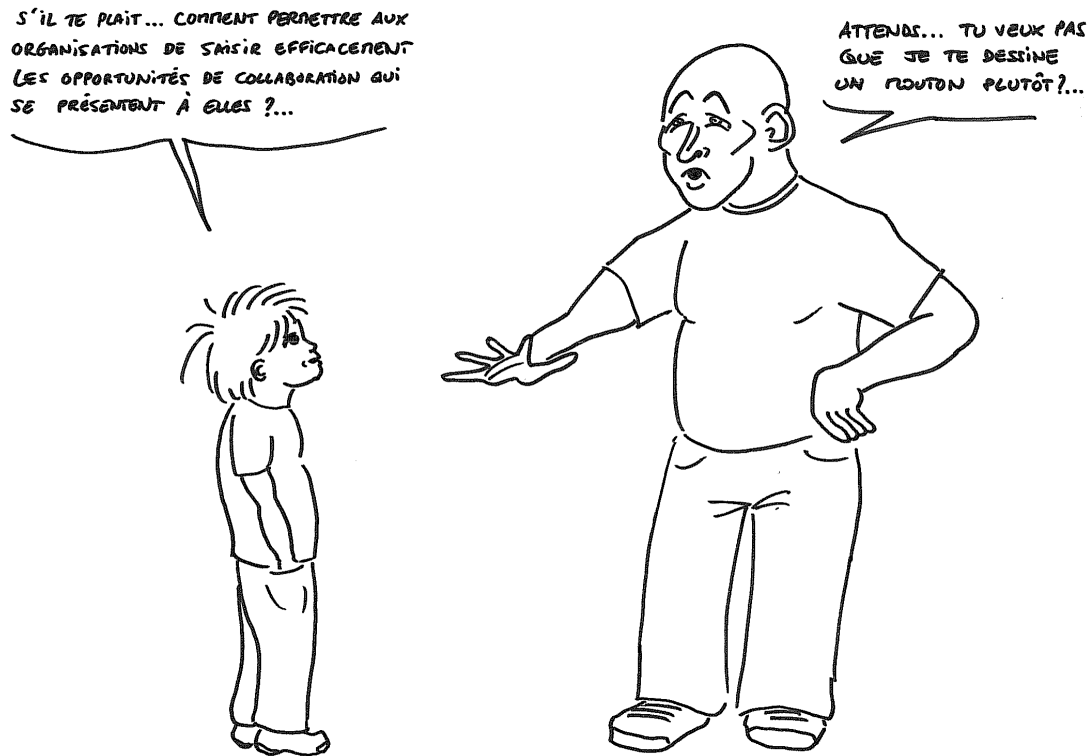


Figure 0.1 Structuration générale du manuscrit

A tort ou à raison, la rédaction de ce document s'est affranchie presque systématiquement de la consultation d'autres manuscrits d'Habilitation à Diriger les Recherches. Il est clair que dans un domaine telle que la recherche scientifique, ce choix semble globalement plus que déraisonnable : pourquoi ne pas s'appuyer sur les expériences passées, sur les manuscrits ciselés par d'autres pour y détecter des idées, des pratiques et des tendances qui pourraient être autant d'inspirations judicieuses et structurantes ? Cette volonté très viscérale est apparue dès les prémices de la rédaction de ce document et lorsque j'ai essayé de me pencher sur les raisons de cette « pulsion autonomiste » (et surtout sur sa légitimité), il m'a semblé rapidement que ce n'était pas par crainte de perdre une quelconque identité en acceptant de trouver chez les autres une éventuelle source d'inspiration mais plutôt que les travaux auxquels j'avais participé ou que j'avais encadrés m'avaient amené à ce qui me semblait être une vision d'ensemble d'une clarté que je trouvais (à nouveau, à tort ou à raison) pleinement satisfaisante et que je voulais réellement voir prendre forme exactement telle que je la voyais. J'ai bien conscience que ce discours pourrait être taxé de suffisance mais pourtant, je prétends honnêtement qu'il s'agit surtout de clôturer une période d'activité avec le plus de cohérence possible, c'est à dire en livrant un document qui soit réellement celui qui ressemble le plus possible à ces quelques années de recherche, avec les mêmes caractéristiques (bonnes ou mauvaises), au risque qu'il soit finalement moins bon, décalé ou carrément mauvais. Au final, je préfère que ce manuscrit soit ce qu'il aurait du être quitte à passer à côté de ce qu'il aurait pu être.

Première Partie : Problématique



Tout au long de la première partie de ce chapitre scientifique, une succession de filtres thématiques va être appliquée à la problématique globale de ces travaux afin d'en raffiner l'objectif général et de faire émerger une décomposition multi points de vue. L'ambition est d'utiliser ces prismes organisationnel, structurel, architectural, technologique, méthodologique, d'outillage et comportemental, pour apporter à la problématique abordée un ensemble d'éclairages complémentaires et explicatifs mais également pour faire émerger les pistes de résolution et les principes essentiels sur lesquels reposera la deuxième partie de ce chapitre.

Les dimensions successives qui assurent cette décomposition (*i.e.* les filtres appliqués à l'énoncé de la problématique initiale) sont directement issues de celles qui peuvent être considérées comme une base admissible (au sens des axes d'un repère) pour repérer l'espace des problématiques. Globalement, ce repère correspond à la description de la problématique selon les trois plans *problème*, *solution*, et *démarche*. Les trois questions suivantes illustrent cette proposition :

- **Q1 : Quel est l'objet concerné par la problématique ?** en tant qu'élément du monde ou de la société, quels sont les composants qui rentrent en jeu dans la problématique considérée et quel(s) est (sont) le(s) problème(s) précis qu'ils rencontrent ?
- **Q2 : Quelle est la solution qui peut être visée pour satisfaire cette problématique ?** compte-tenu de la description précédente du problème, quelle est la solution théorique (qui n'existe pas mais qui pourrait constituer une cible intéressante) qui semble la plus appropriée pour y répondre ?
- **Q3 : Quelle pourrait être la méthode pour y parvenir ?** puisque la question a été posée et qu'un certain objectif idéal a été dessiné, quels sont les principes, démarches et mécanismes qui peuvent être mis en œuvre pour parvenir à cet objectif ?

La suite de la première partie de ce document est organisée en sections. Les deux premières sections relèvent directement de la question Q1 concernant l'identification précise du problème. On y

retrouve en particulier une première section dont l'objectif est de présenter les objets concernés par la problématique et de proposer une *vision commune des partenaires de la collaboration à partir d'une approche système* (filtre « **organisationnel** »). La deuxième section met en évidence le problème lui-même et le fait que *la poursuite d'une collaboration à moindre effort nécessite une préparation préalable*, qui est l'essence du problème, c'est à dire, la poursuite de l'interopérabilité (dimension « **structurelle** »).

La troisième et la quatrième section apportent un traitement de la question Q2 en essayant de proposer un certain nombre d'éléments caractéristiques d'une solution au problème exposé au travers des deux premières sections. La troisième section effectue *la recherche d'une propriété architecturale rendant possible l'interopérabilité « en action »* (aspect « **architectural** »). La quatrième section complète cette étude de la solution en étudiant *le passage d'une vision fonctionnelle à un système physique* (filtre « **technologique** »).

La cinquième et la sixième section se concentrent sur la question Q3 en étudiant les moyens de tendre vers une solution (basée sur les conclusions des sections III et IV) au problème (tel que présenté dans les sections I et II). La cinquième section étudie *le moyen de définir les exigences de la collaboration* (aspect « **méthodologique** ») alors que la sixième section imagine *une démarche de conception innovante de cette solution support de la collaboration* (filtre « **outillage** »).

Enfin, face à la question de la « persistance » temporelle de la solution au problème identifié, la septième section étudie la question de *l'agilité de cette solution* et de sa capacité à demeurer pertinente et adaptée au contexte éventuellement changeant (filtre « **comportemental** »). Par ailleurs, l'illustration des considérations abordées s'appuie sur la huitième section et *l'exploration d'un domaine d'application exigeant* (la gestion de crise).

A l'issue de ces huit sections, la problématique initiale aura traversé les tamis conceptuels dédiés à sa décomposition et à son raffinement. On obtiendra à la fois pour chaque niveau de filtrage certaines conclusions et certains constats concernant la problématique vis-à-vis de ce point de vue particulier mais également une version plus éclairée de la problématique.

I. Dimension organisationnelle : Le Système d'Information

Le premier point qu'il semble légitime d'explorer dans le cadre du traitement de l'objectif global de ces travaux de recherche concerne l'étude du concept d'organisation en tant que sujet principal de la problématique générale énoncée en introduction de ce document :

Form0 : Comment permettre aux organisations de saisir efficacement les opportunités de collaboration qui se présentent à elles ?

La vision du concept d'organisation que nous proposons de retenir pour ce document repose sur les trois niveaux inclusifs suivants :

- **Informations** : Ce premier niveau concerne l'ensemble de la connaissance que l'organisation manipule. Cette connaissance couvre aussi bien les informations statiques relatives, par exemple, aux clients ou fournisseurs (nom, adresse, contact, etc.), que celles, dynamiques, décrivant les grandeurs de l'organisation (stocks, comptabilité, etc.) ou encore les savoir-faire (recettes, procédures, etc.).
- **Fonctions** : Ce deuxième niveau relève de l'ensemble des compétences et capacités mobilisables par l'organisation pour réaliser ses missions et remplir ses objectifs. Ces fonctions concernent aussi bien des fonctions informatisées (ex : applications), que des fonctions relevant de matériels et de ressources physiques (ex : machines-outils) ou encore de fonctions issues de compétences des acteurs humains (ex : relecture d'un document). Ces fonctions utilisent, génèrent, modifient, créent ou détruisent les informations (ex : La mise à jour des stocks de la référence A nécessite les informations relatives au stock courant de pièces A, au nombre de pièces A sorties et éventuellement la date et l'heure pour enregistrer cette nouvelle information), ce qui permet de mettre en évidence un premier niveau d'encapsulation ou de dépendance entre fonctions et informations.
- **Processus** : Ce dernier niveau concerne à proprement parler la dynamique comportementale de l'organisation au travers des différents processus qu'il décrit et contient. Ces processus, si l'on se réfère à la définition qu'en donne (Vernadat, 1999), à savoir *un processus est un ensemble partiellement ordonné d'étapes exécutées en vue de réaliser au moins un objectif*, décrivent l'agencement pertinent d'activités selon une dynamique orientée vers la satisfaction d'un (ou plusieurs) objectif(s) identifié(s). De manière synthétique, il est intéressant de noter que cet enchaînement d'activités fait référence à l'invocation des fonctions identifiées précédemment selon une coordination prise en charge par des flux, lesquels relèvent, parfois de la simple chronologie des activités mais souvent de la circulation des informations ou des matières (et des informations qui leurs sont associées). Concrètement, un deuxième niveau d'encapsulation ou de dépendance apparaît entre processus et fonctions. En outre, les processus peuvent être organisés selon une typologie basée sur la norme ISO 9001-2000 (ISO, 2000) qui propose la structuration suivante :
 - *Processus décisionnels (ou stratégiques ou de management)* : ils prennent en charge le pilotage de l'organisation en assurant la définition et la direction des politiques (quel que soit le domaine d'application de ces politiques). Ils assurent également la conduite des processus opérationnels et de support.
 - *Processus opérationnels (ou de réalisation)* : ils prennent en charge l'articulation des activités à valeur ajoutée pour l'organisation. On y retrouve en particulier les processus liés au cycle de conception et au cycle de vie du (des) produit(s) ou service(s) proposé(s) par l'organisation.
 - *Processus supports (ou de soutien)* : ils prennent en charge toutes les activités nécessaires au bon fonctionnement des autres processus (gestion des ressources, fonctions annexes, formation, entretien et maintenance, etc.).

Les trois niveaux conceptuels évoqués ici (informations, fonctions et processus) ainsi que leur imbrication ou dépendance peuvent être représentés au travers de la figure suivante :

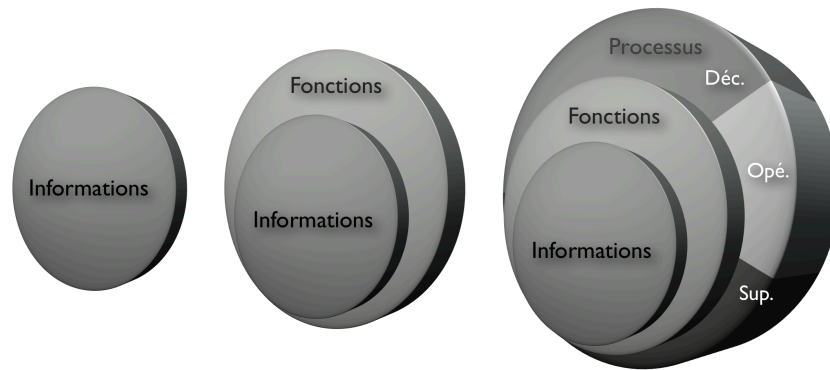


Figure 1.1 Trois niveaux imbriqués de structuration d'une organisation

Au-delà de cette structuration en trois niveaux et dans l'optique d'une juste représentation de la notion d'organisation, il est également nécessaire de positionner les divers concepts complémentaires que sont : les *acteurs humains* mais aussi et surtout la notion de *système d'information*.

L'*acteur humain* évolue au sein de l'organisation en interagissant avec les informations, les fonctions et les processus. Néanmoins, du fait de l'encapsulation de ces trois niveaux, l'humain est de plus en plus amené à limiter ses interactions directes avec les couches informations et fonctions pour n'interagir principalement qu'avec les processus. A titre d'exemple, on peut citer la consultation par un contrôleur de gestion d'une donnée financière (qu'il s'agisse d'un accès direct à l'information ou d'une requête mettant en œuvre une fonctionnalité d'extraction, de calcul ou de mise en forme) remplacée de plus en plus par l'exécution d'un processus systématique (informatisé ou non) qui aboutit à la communication, régulière et adéquate, de cette même information financière à ce même contrôleur de gestion. Par ailleurs, ce positionnement de l'acteur humain amène à une première considération concernant la maturité des organisations. On peut proposer un premier élément de mesure de ce niveau de maturité en se basant sur le critère suivant : *Plus les interactions entre l'acteur humain et l'organisation se trouvent canalisées au niveau des processus, plus l'organisation est mature*. En effet, ce critère permet d'assurer d'une part que le comportement de l'organisation est au plus formalisé (*i.e.* que les processus couvrent l'ensemble du comportement de l'organisation) et d'autre part que les échanges sont encadrés au sein de règles et de protocoles préétablis et optimaux (ce qui limite considérablement les risques de perturbation et de bruitage engendrés par ces activités potentiellement empiriques).

Le *système d'information* (ou SI) est le système qui formalise et intègre la gestion des informations inhérentes au fonctionnement de l'organisation. Cette définition simpliste doit être mise en regard de la structuration de l'organisation en trois niveaux proposée précédemment (informations, fonctions, processus). En effet, s'il n'est pas indispensable, pour que l'organisation fonctionne, d'intégrer et de formaliser l'ensemble de ses informations, de ses fonctions et de ses processus au sein de son SI (le fait qu'un collaborateur ne soit pas favorable aux réunions sur un créneau horaire particulier peut être ignoré du SI, se restaurer peut demeurer une fonction indépendante du SI, de même que le processus d'organisation d'un co-voiturage peut demeurer un processus masqué), il n'en demeure pas moins que toutes ces informations, fonctions et processus sont intimement liés à des informations manipulables par un SI (cette considération est évidente pour les informations elles-mêmes, en outre toute fonction ou tout processus peut générer des informations relatives au moins à son statut). Il n'existe pas d'activité de l'organisation qui n'implique pas la manipulation d'information : le SI peut couvrir l'intégralité des activités de l'organisation. Le SI peut donc être vu comme une couche support, spécifiquement dédié à la gestion des informations, sur laquelle s'appuie l'organisation lors de son fonctionnement. Ce positionnement du système d'information amène à une deuxième considération concernant la maturité des organisations : on peut proposer un deuxième élément de mesure de ce niveau de maturité en se basant sur le critère suivant : *Plus la part des informations associées au fonctionnement de l'organisation effectivement prises en charge par le SI est importante plus l'organisation est mature*. En effet, ce critère permet d'assurer que le comportement de l'organisation est considéré selon un point de vue systémique et qu'il n'existe pas de sous-partie de ce comportement qui ne soit laissée à l'écart du fonctionnement global (avec les risques d'incohérence, de télescopage et d'incompatibilité associés à cette hétérogénéité). En outre, au-delà de cette vision holistique du comportement global de l'organisation, ce deuxième critère souligne également la nécessité que ce fonctionnement soit supporté par un outil (de type SI).

Se pose alors naturellement la question de la distinction entre système d'information et système informatique (ou système informatisé). Traditionnellement, le système d'information se distingue du système informatique. Pour étayer cette affirmation, il est courant de souligner que l'utilisation du téléphone, du courrier postal ou des discussions orales relève du système d'information sans concerner le système informatique. Néanmoins, on peut observer que quels que soient les éléments qui, concernés par le comportement du système d'information, ne relèvent pas pour autant du système informatique, il est aujourd'hui presque improbable qu'il n'y en ait pas d'équivalents (ou d'images) dans le système informatique (compte-rendu, mise-à-jour, interface, etc.). La raison principale en est simple : le système informatique apporte une telle qualité (en termes de rigueur, de persistance et plus généralement d'efficacité) aux composantes du système d'information qu'il assure, que même pour celles qu'il ne couvre pas nativement, il est évidemment bénéfique de faire les efforts nécessaires pour les inclure au sein du périmètre du système informatique. Autrement dit, le fait que le système informatique « en fasse nativement beaucoup et le fasse bien » (pour supporter le système d'information), imprime naturellement une tendance à l'élargissement de son périmètre. Le résultat est qu'aujourd'hui la couverture assurée par le système informatique s'étend jusqu'aux limites du système d'information et qu'il serait probablement maladroit de les distinguer (en termes de périmètre au moins) : la tendance veut que toute réunion, tout échange téléphonique, toute connaissance spécifiquement emmagasinée dans le cerveau d'un collaborateur, pourvu qu'il s'agisse d'un élément utile, soit récupéré dans le système d'information afin de pouvoir être exploité informatiquement. La position soutenue par ce manuscrit concerne le fait que la différence entre les périmètres couverts par le système d'information et par le système informatique est de plus en plus ténue et en passe d'être gommée par l'évolution des systèmes d'information (même si le degré de ce recouvrement entre SI et système informatique pourrait être considéré comme un troisième critère de maturité des organisations au même titre que le degré de recouvrement entre organisation et SI a constitué le deuxième). On peut ainsi considérer que le système informatique constitue un support au fonctionnement du système d'information (lui-même un support du comportement de l'organisation) :

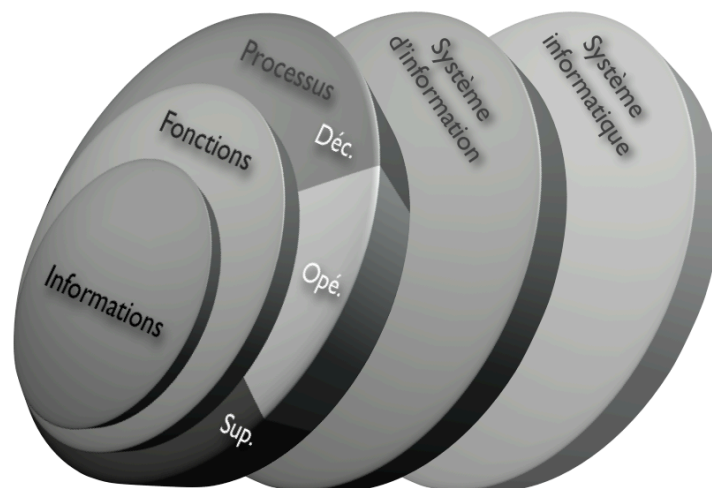


Figure 1.2 L'organisation supportée par le SI, lui-même supporté par le système informatique

Parmi les définitions admises du concept de système d'information, on trouve généralement une inclusion du système informatique au sein du SI (comme en étant une ressource). D'après Reix dans (Reix *et al.*, 1995), le SI est un ensemble organisé de ressources : matériel, logiciel, personnel, données, procédures permettant d'acquérir, traiter, stocker et communiquer des informations dans des organisations. Dans cette définition on trouve les composants informatiques intégrés au SI. Pour Morley dans (Morley *et al.*, 2005), le SI se décompose en deux parties : le système d'administration des informations (composé des acteurs, des données et des processus) et le système informatique (composé des ressources matérielles, des bases de données et des fonctions). A nouveau, cette deuxième définition identifie le système informatique en tant que composante du SI en le positionnant comme l'infrastructure support du SI.

Au final, le SI peut être considéré comme un système à deux faces dont la première correspond à la couverture du périmètre de l'organisation selon le filtre des informations alors que la seconde correspond à la solution informatique supportant la première. Compte tenu de la discussion précédente, nous ferons l'hypothèse que ces deux faces couvrent la même surface et que la partie du comportement de

l'organisation intégrable, en termes de gestion des informations, au sein du SI l'est également, en termes d'informatisation, au sein de système informatique. La figure suivante propose donc une vision finale de l'organisation en y positionnant l'humain et le SI. On peut retrouver les interactions croissantes entre humains, informations, fonctions et processus (en référence au premier critère de maturité). On peut également retrouver le SI (en tant qu'outil informatisé de gestion de l'information) qui assure la formalisation et l'intégration des informations pour une partie de l'information (données), des fonctions (applications et interfaces) et des processus (workflows¹). La partie des informations, des fonctions et des processus de l'organisation non couverte par le SI (en tant que données, applications et workflows) fait directement référence au second critère de maturité évoqué précédemment.

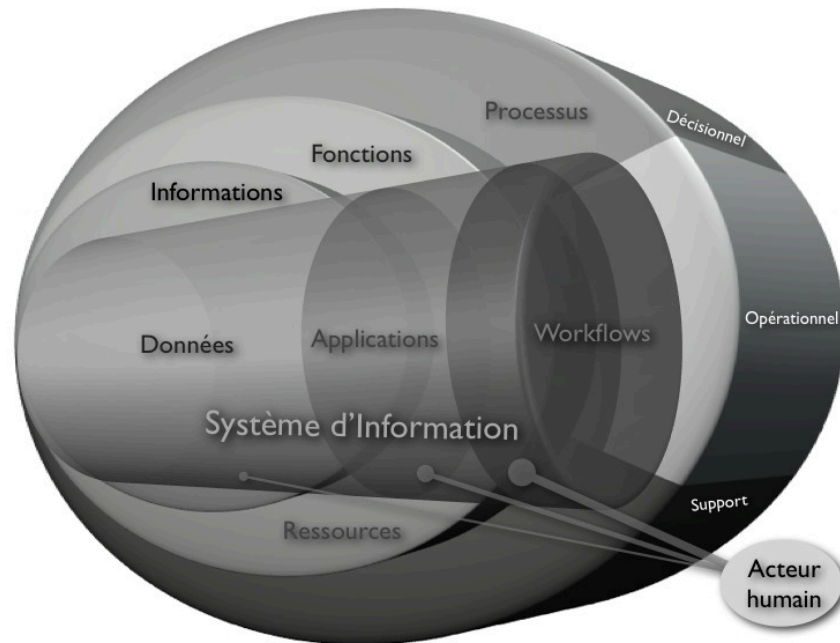


Figure 1.3 Structure comportementale générale d'une organisation

Sur la figure précédente, les deux critères de maturité évoqués précédemment se retrouvent sur l'épaisseur des liens reliant « acteur humain » aux informations, fonctions et processus (pour le premier critère) et sur la taille du cylindre (diamètre et longueur) représentant le système d'information, *i.e.* la couverture qu'il assure du périmètre de l'organisation (pour le second critère).

Finalement, compte tenu de la discussion précédente et de ses conséquences sur la représentation du concept d'organisation tel qu'il va être considéré dans la suite de ce document, un retour s'impose sur la problématique générale telle qu'elle a été énoncée en introduction de ce document : *Comment permettre aux organisations de s'intégrer efficacement aux opportunités de collaboration qui se présentent à elles ?* En effet, la position du SI en tant que support majoritaire du fonctionnement de l'organisation (au travers de la formalisation et de l'intégration des informations) en fait à la fois la dorsale fonctionnelle et l'interface principale de l'organisation vers son environnement. A ce titre, et à l'issue de cette section, nous proposons de reformuler la problématique générale selon la proposition suivante :

Form1.1 : Comment assurer la collaboration au niveau des SI afin de supporter la collaboration au niveau des organisations ?

¹ On désigne par *workflow* la sous-partie informatisée d'un processus.

II. Dimension structurelle : L'Interopérabilité

Consécutivement aux considérations précédentes qui ont permis de recentrer la problématique de collaboration au niveau des systèmes d'information, le point suivant qu'il semble légitime d'explorer concerne l'étude du concept de collaboration en tant que composante principale de la problématique héritée de la section précédente :

Form1.1 : Comment assurer la collaboration au niveau des SI afin de supporter la collaboration au niveau des organisations ?

Le premier constat sur lequel va s'appuyer la suite de ce document concerne la « révolution des mœurs » que vivent les organisations vis-à-vis de leur tendance à la collaboration, et ce depuis un quart de siècle environ. S'il est clair que dans la deuxième moitié du vingtième siècle, l'écosystème industriel est passé d'une structure sablonneuse (où les organisations n'avaient que très peu de collaboration au delà d'une relation client-fournisseur primaire) à une structure cristallisée (où les organisations établissaient lentement et durablement des collaborations plus évoluées et plus structurées), la fin du vingtième siècle et le début du vingt-et-unième siècle voient la transition de cette structure cristallisée vers une structure fluide où la dynamique de collaboration s'emballe. Concrètement, alors que les organisations établissaient *lentement* des collaborations *durables* avec des partenaires *géographiquement proches*, la tendance actuelle les voit s'orienter vers l'établissement *rapide* et *opportuniste* de collaborations avec des partenaires *extrêmement dispersés à la surface du globe*. Par ailleurs, les attentes associées à ces collaborations (en termes d'efficacité et de profitabilité) se trouvent beaucoup plus élevées qu'elles ne l'étaient il y a cinquante ans. Cette révolution des mœurs peut se résumer selon la formule quasi Coubertinienne : *plus vite, plus fréquemment, plus loin, plus fort*. On retrouve en fait quatre dimensions de caractérisation de la notion de collaboration :

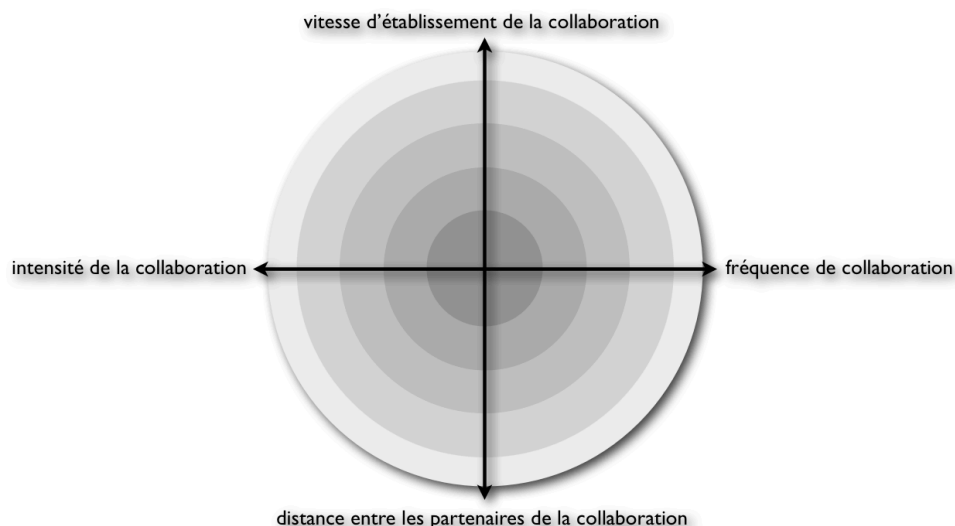


Figure 1.4 Référentiel de caractérisation d'une collaboration

Si les trois premiers de ces quatre critères de caractérisation d'une collaboration peuvent être considérés comme « continus » et relativement évidents à établir (il s'agit de mesures objectives), le quatrième (intensité) nécessite quelques considérations complémentaires afin d'être quantifiable. En nous appuyant sur (Touzi, 2007) nous proposons de niveler l'intensité de la collaboration selon quatre strates distinctes (où chaque niveau englobe le niveau précédent) :

1. **Communication** : *échange de données*. Ce premier niveau permet aux organisations d'échanger ou de partager des informations afin d'optimiser leur fonctionnement individuel (exemple : envoi d'un bon de commande d'un client à un fournisseur). A ce stade de collaboration, les organisations sont dites *communicantes* (elles disposent d'interfaces de communication élémentaires permettant une communication asynchrone).
2. **Coordination** : *partage et synchronisation des tâches*. Ce deuxième niveau apporte aux organisations la possibilité d'organiser des tâches dont la réalisation (en termes de résultats mais aussi de timing) impacte leurs partenaires dans leurs performances individuelles (et réciproquement). Ce niveau de collaboration, s'il semble faire apparaître un embryon de processus collaboratif (partage et

synchronisation de tâches) n'en demeure pas moins focalisé sur la performance individuelle des organisations. L'absence d'objectif commun traduit l'impossibilité de partager un processus collaboratif, seules les compétences (applications, fonctions, services, ressources) sont partagées. A ce niveau de collaboration, les organisations sont dites *ouvertes* (partage bilatéral de fonctionnalités au travers d'échanges synchrones).

3. **Coopération** : *poursuite d'un objectif commun*. Ce troisième niveau s'appuie sur un (ou plusieurs) objectif(s) collectif(s) poursuivi(s) par le réseau de partenaires, et qui en est (sont) la raison d'être. C'est par la définition, puis la mise en place de processus collaboratif(s) au sein duquel (ou desquels) elles doivent s'intégrer que les organisations peuvent collectivement satisfaire ce(s) but(s). Les organisations pouvant prendre part à ce niveau de collaboration sont dites *coopérantes*² (maîtrise de ses propres processus et capacités à s'intégrer à des processus partagés).
4. **Fusion**³ : *appartenance transparente à une même entité*. Ce quatrième niveau n'apporte pas de réelle évolution dans la qualité de la collaboration, en revanche, il implique l'appartenance transparente des organisations à une même entité (virtuelle ou réelle). A ce niveau de collaboration, les exigences relatives à l'échange d'informations, au partage des tâches et à la poursuite d'objectifs communs sont similaires à celles du niveau précédent, en revanche, elles se trouvent assistées, soutenues et favorisées par l'appartenance des organisations à une même structure globale. A ce niveau de collaboration, et si l'on se réfère aux définitions de (Konstantas *et al.*, 2005) ou (Pingaud, 2009), les organisations sont alors qualifiées d'interopérables (capables d'interagir avec des systèmes nativement étrangers pour établir des comportements collectifs harmonieux sans avoir à modifier en profondeur leur structure ou leur comportement).

On retrouve dans cette stratification de l'intensité collaborative les éléments de caractérisation des organisations présentés au cours de la section précédente : le niveau de *communication* concerne les *informations*, le niveau de *coordination* concerne les *fonctions*, le niveau de *coopération* concerne les *processus* alors que le niveau de *fusion* apporte la fluidité à la collaboration. Ces niveaux de collaborations concernent finalement les différents interfaçages possibles entre organisations.

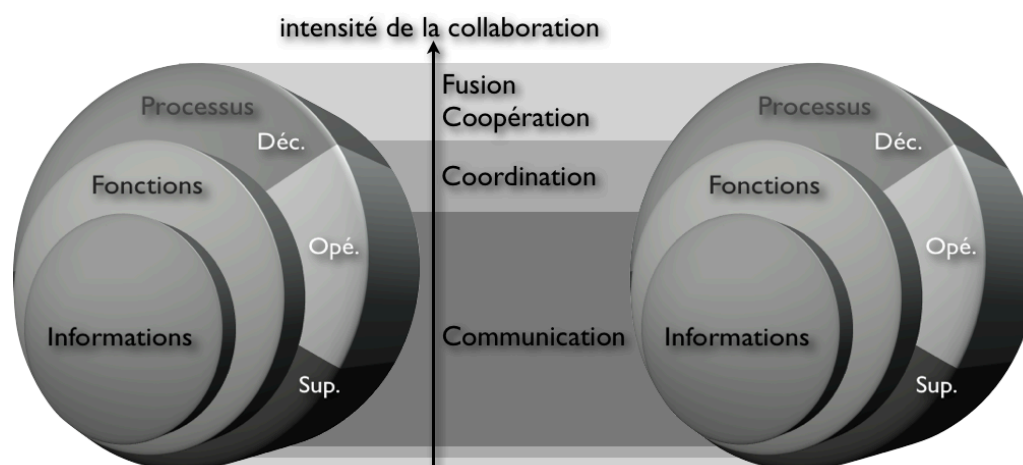


Figure 1.5 Collaboration d'organisations

Suite à cette discussion sur la notion de collaboration et compte tenu des conclusions de la section précédente sur le rôle du SI au sein de l'organisation, il est légitime à ce stade de s'interroger sur les potentialités d'adéquation entre le support que le SI apporte et les exigences de collaboration. Il est en particulier opportun de se pencher sur les solutions technologiques (système informatique) permettant de mettre en œuvre un système d'information adapté au niveau de collaboration escompté. S'il est clair que les moyens de communication standards actuels supportent pleinement le premier niveau de collaboration (internet, EDI⁴, etc.), on peut constater que le deuxième et le troisième niveaux nécessitent

² Initialement, ce 3^{ème} niveau de qualification des organisations était désigné sous le terme « fédérée », néanmoins, afin d'éviter des confusions dans la suite de ce document, nous avons choisi de désigner ce 3^{ème} niveau à l'aide du terme « coopérante ».

³ Initialement, ce 4^{ème} niveau de collaboration était désigné sous le terme « intégration », néanmoins, afin d'éviter des confusions dans la suite de ce document, nous avons choisi de désigner ce 4^{ème} niveau à l'aide du terme « fusion ».

⁴ Electronic Data Interchange

quant à eux des paradigmes plus avancés (EAI⁵, SOA⁶, etc.). Concernant le quatrième niveau, il implique une fluidité de collaboration très exigeante en termes de système d'information.

Le niveau d'effort consenti par les organisations pour atteindre cette interopérabilité doit donc être mesuré selon l'intensité des modifications imposées au SI. Il est clair que nous touchons là l'une des composantes essentielles des ambitions collaboratives des organisations : l'interopérabilité par remaniement profond du SI afin de se fondre dans un certain nombre de standards et de normes ne semble pas être une solution viable (en termes de coût tout d'abord mais également de réalisme).

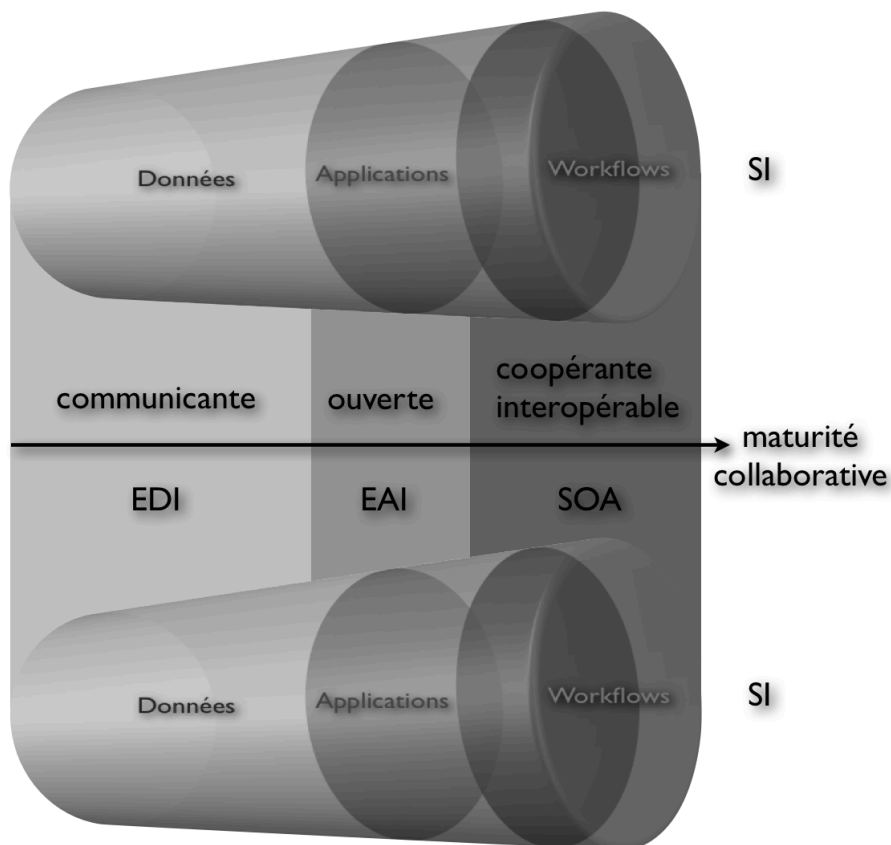


Figure 1.6 Maturité collaborative des SI

Pour autant, l'ambition de nos travaux demeure :

Form1.1 : Comment assurer la collaboration au niveau des SI afin de supporter au mieux la collaboration au niveau des organisations ?

L'interopérabilité des SI semble donc l'enjeu majeur associé à l'accomplissement de cet objectif. Fort de cette considération et à l'issue de cette section, nous proposons de reformuler la problématique générale selon la proposition suivante :

Form1.2 : Comment assurer l'interopérabilité des SI afin de supporter au mieux la collaboration entre les organisations ?

⁵ Enterprise Application Integration

⁶ Service-Oriented Architecture

III. Dimension architecturale : La Médiation

La section précédente a permis de poursuivre l'étude de la problématique générale de prise en charge de la collaboration inter-organisations et de la ramener à une question plus pointue concernant l'interopérabilité des SI. Dans cette section, nous allons donc étudier les options de prise en charge de l'interopérabilité des systèmes d'information.

Avant toute chose, il faut rappeler que la notion d'interopérabilité est un sujet de recherche privilégié depuis une dizaine d'années. Il en résulte un certain nombre d'avancées tangibles concernant cette thématique. (Pingaud, 2009) définit ainsi l'interopérabilité comme *une capacité de systèmes, nativement étrangers les uns par rapport aux autres, à interagir afin d'établir des comportements collectifs harmonieux et finalisés, sans avoir à modifier en profondeur leur structure ou leur comportement individuel*. Au delà de cette définition, on peut également faire référence au référentiel d'interopérabilité de (Chen *et al.*, 2006) qui propose une structuration de cette thématique selon les dimensions suivantes :

- **Barrières de l'interopérabilité** : Première dimension qui structure le domaine des incompatibilités ou obstacles à l'établissement de l'interopérabilité selon les trois catégories suivantes :
 - Conceptuelle : cette barrière relève des différences syntaxiques et sémantiques entre les informations qui doivent être échangées au cours de la collaboration.
 - Technologique : cette barrière concerne la question de l'incompatibilité entre les plateformes de technologie de l'information et de la communication utilisées par les partenaires.
 - Organisationnelle : cette barrière fait référence aux exigences de responsabilités et d'autorité nécessaires au niveau des acteurs humains afin de structurer la collaboration.
- **Approches d'interopérabilité** : Deuxième dimension qui explore et structure l'espace des moyens de tendre vers une interopérabilité effective selon les trois philosophies suivantes :
 - Intégrée : cette approche est la plus ancienne mais aussi la plus rustique puisqu'il s'agit de s'assurer que les partenaires s'appuient tous sur un format commun au consortium, en particulier pour ce qui concerne les modèles et l'échange de données
 - Unifiée : cette approche offre une meilleure liberté aux partenaires sans leur imposer de format, néanmoins, un métamodèle commun est établi afin d'assurer une base pour les équivalences sémantiques et les mises en correspondances de modèles.
 - Fédérée : cette dernière approche est la plus ambitieuse puisqu'elle n'impose aucun background commun aux partenaires et envisage le support de l'interopérabilité selon des traductions à la volée, basée, par exemple, sur l'utilisation de la sémantique et le partage d'ontologies.
- **Niveaux d'interopérabilité** : Troisième dimension qui propose de structurer les différents degrés d'abstraction et points de vue de considération des organisations, concernées par l'interopérabilité, selon les quatre catégories suivantes :
 - Métier : ce niveau élevé concerne les considérations culturelles, les modes de décision ou de fonctionnement, les méthodes de travail et les spécificités législatives qui doivent être prises en compte dans le cadre d'une collaboration.
 - Processus : ce niveau concerne principalement les modes de connexion entre processus internes et spécifiques aux organisations afin de faire émerger les processus collaboratifs.
 - Services : ce niveau relève des fonctions partagées et s'intéresse particulièrement à leur identification et à la définition des protocoles d'invocation et d'accès à ces fonctionnalités (informatisées ou non).
 - Données : ce niveau bas relève du partage des informations et en particulier de la prise en charge de l'hétérogénéité des modèles, des formats, des outils et des langages de gestion de données.

Contrairement aux deux autres, cette dimension représente un espace différent puisque les quatre niveaux sont, d'abord inclusifs (tout comme lors de discussions précédentes sur des sujets similaires, le niveau des *informations* est inclus dans celui des *services* qui est lui-même inclus dans celui des *processus*, lui-même contenu dans celui du *métier*) et ensuite pris en charge par toute approche d'interopérabilité (dans le cas contraire, il s'agirait au mieux de *communication*, *coordination* ou *coopération*).

Nous verrons par la suite que s'il semble incontournable que les travaux dont il est ici question couvrent à la fois l'ensemble des niveaux d'interopérabilité (métier, processus, services et données) et les trois barrières de l'interopérabilité (conceptuelle, technologique et organisationnelle), il n'en va pas de même pour les approches d'interopérabilité : Nous pensons en effet que l'approche *intégrée*, bien que

légitime et efficace, ne présente pas d'intérêt dans le cadre de ces travaux où l'interopérabilité est considérée au travers du prisme de l'agilité et de la fluidification des collaborations. La figure suivante représente schématiquement ce référentiel :

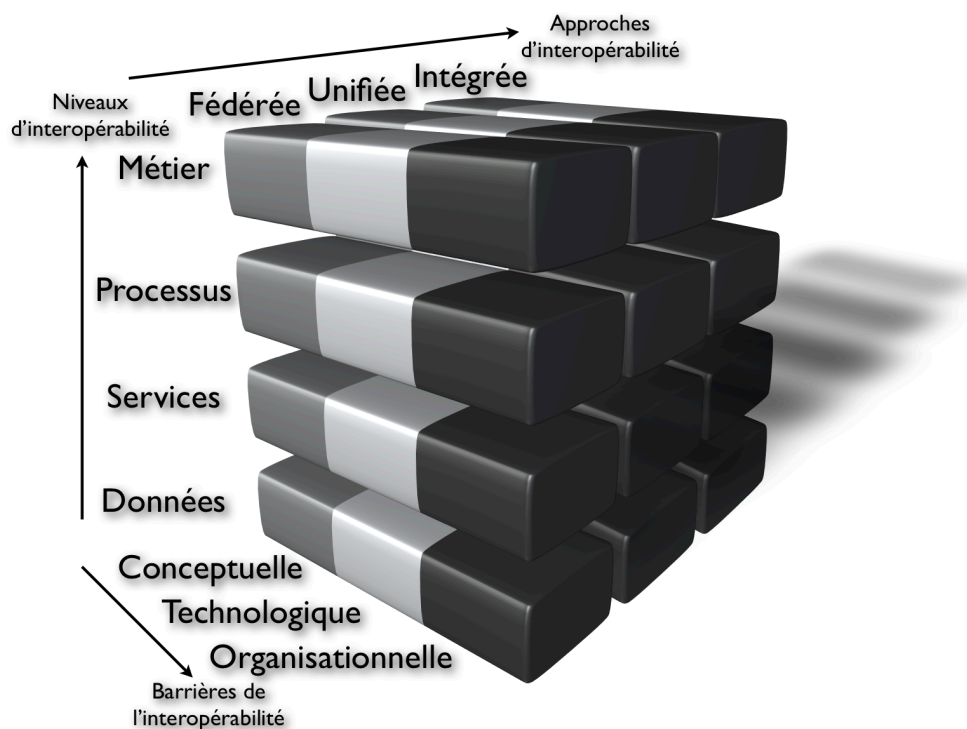


Figure 1.7 Référentiel d'interopérabilité d'organisations (EIF)

Fort des considérations précédentes sur la notion d'interopérabilité, et si on se réfère à nouveau à l'objectif dont il est question dans cette section, à savoir :

Form1.2 : Comment assurer l'interopérabilité des SI afin de supporter au mieux la collaboration entre les organisations ?

On est légitimement amené à s'interroger sur les solutions d'architecture logique qui pourraient permettre de prendre en charge cette exigence d'interopérabilité de système d'information. Rappelons que ce souci d'interopérabilité est destiné à supporter des collaborations d'organisations dont les sections précédentes nous ont permis de mettre en évidence un certain nombre de caractéristiques (cf. la formule « *plus vite, plus fréquemment, plus loin, plus fort* »). L'interopérabilité dont il est ici question se doit donc de s'affranchir des trois barrières identifiées (conceptuelle, technologique et organisationnelle) tout en couvrant les quatre niveaux présentés (données, services, processus et métier). En revanche, concernant l'approche, il est assez clair que les trois philosophies évoquées concernent des niveaux de maturité différents. Pour des raisons d'intérêt scientifique, nous ne nous intéresserons pas à l'approche *intégrée* et à ses exigences de standardisation. En revanche, les deux approches restantes (*unifiée* et *fédérée*) semblent des pistes pertinentes. Les architectures candidates pour assurer l'interopérabilité des SI en situation collaborative doivent donc d'une part être cohérentes avec ce positionnement dans le référentiel d'interopérabilité précédent mais elles doivent en outre être évaluées sur la base des exigences de réactivité, d'adaptabilité, d'indépendance géographique et de performance évoquées précédemment.

Nous allons nous tourner vers trois types d'architecture qui semblent des candidats légitimes dans le contexte de ces travaux : architecture *pair-à-pair* (peer-to-peer), architecture *centralisée*, architecture de *médiation*.

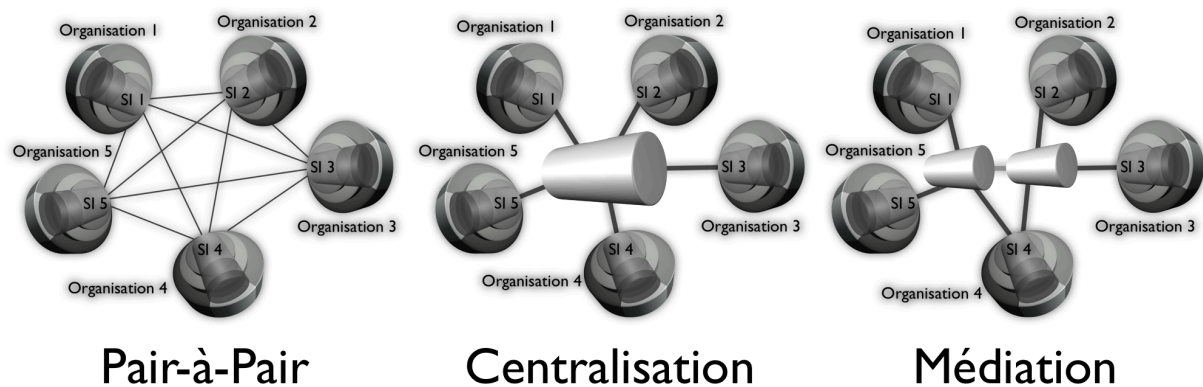


Figure 1.8 Les architectures candidates à la prise en charge de l'interopérabilité

Les architectures *pair-à-pair* et *centralisée* constituent des références bien connues. L'architecture de *médiation*, décrite dans (Wiederhold, 1992) dans un contexte de manipulation de données, est plus originale dans la mesure où, schématiquement, elle permet de multiplier les centralisations (par exemple sur des critères thématiques ou de sécurité) en les connectant selon un mode pair-à-pair.

S'il est évident que dans un contexte d'approche intégrée (où tous les partenaires s'appuient sur les mêmes standards) les architectures *pair-à-pair* présentent bon nombre d'avantages concernant en particulier la réactivité et la flexibilité, dès lors qu'on s'intéresse à une approche plus mature (unifiée ou fédérée), ces architectures perdent tout crédit au profit des architectures *centralisée* ou de *médiation*. En effet, les nécessaires traductions (sur la base de métamodèles communs ou d'ontologies partagées selon qu'on se situe dans une approche unifiée ou fédérée) rendent caduque la structure *pair-à-pair* du fait de l'impossibilité structurelle de disposer de traducteurs adaptés à tous les partenaires potentiels (ceux présents et ceux qui se rajouteraient). La *centralisation* est une architecture relativement simple qui a l'avantage de garantir que dès lors qu'un partenaire est capable de connecter son SI au point de centralisation, il est alors implicitement connecté aux autres SI du réseau (le point de centralisation assurant pour sa part le rôle d'interprète, traduisant les informations depuis et vers chaque SI partenaire). L'avantage principal réside finalement et évidemment dans le fait que pour N partenaires, seuls N schémas de traduction bidirectionnels s'avèrent nécessaires (contre $N.(N-1)/2$ pour le modèle *pair-à-pair*). Néanmoins, la distribution des compétences au sein de la collaboration et le maintien de l'autonomie des organisations sont deux facteurs qui ne militent pas pour un pilotage trop centralisé dans lequel un système de contrôle serait amené à prendre une responsabilité hiérarchique couvrant à lui seul l'ensemble des opérations attendues. L'architecture de *médiation*, permettant de conserver un nombre de connexions d'ordre N (et donc de limiter les nécessités de traduction), tout en offrant la possibilité de structurer la collaboration selon un certain nombre de mailles (assurant ainsi un meilleur cloisonnement thématique et une meilleure sécurité structurelle), semble un compromis intéressant. Il est donc légitime d'étudier plus finement ce type d'architecture, et en particulier vis-à-vis des caractéristiques associées à la notion de collaboration.

Concernant tout d'abord les questions relatives à la *vitesse d'établissement de la collaboration*, le fait que l'intégration à un réseau collaboratif donné ne soit conditionnée que par la connexion à un médiateur (ou éventuellement plusieurs) allège considérablement la procédure (par rapport à une architecture pair-à-pair) et assure une excellente réactivité de collaboration. De manière corollaire, cette facilité structurelle de connexion et d'intégration à une collaboration s'inscrit pleinement dans la perspective de dynamisme et de réduction des temps de collaboration évoqué précédemment sous le critère *durée de la collaboration*. Le point concernant la *distance entre les partenaires de la collaboration* est naturellement pris en charge par la virtualisation de la collaboration et l'émergence d'un écosystème collaboratif digital via le rôle prépondérant des SI. Enfin, puisque *l'intensité de la collaboration* a été décomposée selon la profondeur d'interpénétration des SI concernés par la collaboration (pénétration au niveau des informations, des fonctions ou des processus), il en résulte que le SI de médiation (SIM) se doit de prendre en charge les trois niveaux précédents et donc d'assurer trois fonctionnalités de l'interopérabilité présentés dans (Aubert *et al.*, 2002) et (Bénaben *et al.*, 2008) :

- Gestion des données : cette première fonctionnalité concerne essentiellement deux points : (i) la prise en charge des traductions (syntaxique mais, idéalement, également sémantique) des données des partenaires concernées par la collaboration et (ii) la réconciliation des référentiels de données (afin

d'assurer l'homogénéité, l'accès, la traçabilité et la maintenance des données). Par ailleurs, on doit également citer (Benali, 2004) « *Bien que les entreprises aient besoin de passerelles d'interconnexion entre leurs procédés, elles peuvent être concurrentes directement ou indirectement. De ce fait, tout modèle d'interconnexion doit prendre en compte les aspects de confidentialité des procédés (i.e. distinction entre informations privées et informations partagées, etc.)* » afin de souligner le critère de sécurité associé à cette première fonctionnalité.

- Partage des fonctions : cette deuxième fonctionnalité, à nouveau très « middleware » doit prendre en charge la gestion de l'accès, de l'invocation et de l'utilisation des fonctions mises en commun (partiellement ou plus complètement) par les organisations collaborantes. Il est évident que la bonne exécution de cette fonctionnalité nécessite l'utilisation de la fonctionnalité précédente.
- Pilotage des processus : cette troisième fonctionnalité concerne en particulier l'orchestration de processus collaboratifs (sous la forme de workflows exécutables) voire plus largement la prise en charge du monitoring et de la chorégraphie de processus (Barros *et al.*, 2006). A nouveau, cette fonctionnalité dans son exécution nécessite l'encapsulation des deux fonctionnalités précédentes.

Ces trois fonctionnalités de l'interopérabilité, mises en évidence au travers de l'émergence des exigences répercutées sur le SIM, semblent confortées par la définition de la notion d'interopérabilité donnée dans (Chen *et al.*, 2003) : « c'est l'interaction sur les trois niveaux : données, applications et processus, en accord avec une sémantique métier convenue entre les partenaires ».

L'ambition affichée en début de cette section était la suivante :

Form1.2 : Comment assurer l'interopérabilité des SI afin de supporter au mieux la collaboration entre les organisations ?

Suites aux réflexions et discussions qui ont alimenté les lignes précédentes, nous proposons à nouveau de raffiner cet objectif et de conserver pour la suite la formulation suivante :

Form1.3 : Comment construire un SIM entre les SI des organisations ?

IV. Dimension technologique : Service-Oriented Architecture (et ESB)

La problématique générale se trouve à présent ramenée à l'ambition de construction d'un SI de médiation. Il est à présent temps de se tourner vers les solutions techniques qui pourraient implémenter un tel médiateur.

Si l'on se réfère aux fonctionnalités de l'interopérabilité évoquées précédemment, mais aussi au caractère « fluide » de l'écosystème dans lequel doivent prendre place les collaborations d'organisations étudiées, on constate évidemment que la technologie sélectionnée devra être en mesure, d'une part, d'assurer le transport des données (en assurant donc des fonctions de middleware), mais également de gérer l'accès aux applications (en intégrant en particulier les applications déjà existantes, leurs versionnement ou leur renouvellement), et enfin de prendre en charge l'orchestration des workflows (sans oublier l'incontournable évolutivité de ces workflows).

Le paradigme *Service-Oriented Architecture* (SOA), offre une vision parfaitement alignée avec les exigences précédentes. En effet, cette philosophie propose d'exposer toute application sous la forme d'un *service informatique*, accessible depuis un réseau et invocable à distance. Le réseau sur lequel les *services* sont connectés joue alors le rôle de *middleware* (charge à lui d'en assurer les fonctions de routage et de gestion de la sécurité). Le couplage lâche⁷ opéré entre le *middleware* et les *services* permet d'assurer l'intégration d'applications existantes. En effet, un principe fort de SOA est justement de ne pas trop contraindre l'intégration des applications existantes (*legacy*) au middleware en limitant les contraintes au strict minimum (adresse d'invocation, contrat de service, types et natures des entrées/sorties, et quelques autres éléments seulement). Cette caractéristique permet clairement de supporter les évolutions d'applications (du fait du couplage lâche) mais également le renouvellement, voire même la concurrence (la gestion des contrats de service étant un atout primordial). Les deux premières fonctionnalités de l'interopérabilité évoquées précédemment (la *gestion des données* et le *partage des fonctions*) se trouvent nativement supportées par le paradigme SOA.

Par ailleurs, il est important de ressentir le potentiel de ce type d'architecture en réalisant que l'existence même d'un middleware, à la fois medium en charge du routage et de la sécurité des données mais également infrastructure supportant la connexion d'applications par couplage lâche, permet d'envisager des fonctionnalités complémentaires extrêmement riches (mise en correspondance de services sur la base des contrats de services, ajustement à la volée en cas de défaillance de service, répartition de charge, etc.). L'une de ces fonctionnalités complémentaires concerne l'orchestration de workflows, basée sur une description interprétable d'un workflow (fichier exécutable) pour invoquer à distance les services au travers du middleware. La troisième fonction de l'interopérabilité nécessaire (le *pilotage des processus*) se trouve ainsi prise en charge par le paradigme SOA.

Sur la figure suivante, on retrouve le middleware, en charge de l'acheminement des messages et un ensemble de services, connectés à ce middleware (au travers d'un couplage lâche), parmi lesquels peuvent se trouver des applications informatiques à vocation métier mais également des services spécifiques, dont la nécessité et la faisabilité ont émergé avec l'apparition de ce paradigme orienté services (par exemple le service d'orchestration de workflows).

⁷ La notion de couplage lâche fait référence à une communication par messages indépendants de la technologie utilisée.

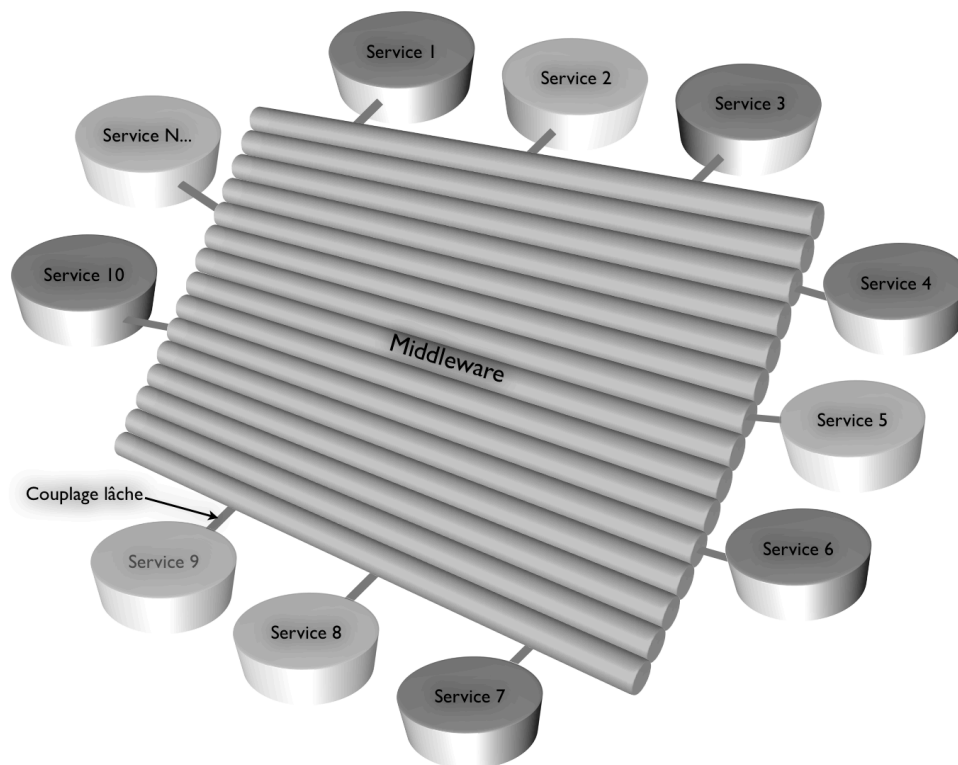


Figure 1.9 Une illustration du paradigme Service-Oriented Architecture

Concernant l'implémentation de ce type d'infrastructure, il existe au moins deux solutions envisageables quant au middleware : le web lui-même ou un bus de services d'entreprise (ou ESB pour Enterprise Service Bus). Il est clair que ces deux solutions n'offrent pas les mêmes caractéristiques et diffèrent donc en termes d'avantages et d'inconvénients. L'utilisation du web comme médiateur constitue assez clairement un fantasme technologique dans la mesure où ce positionnement constitue un certain aboutissement pour lequel il semble que le web ait été bâti. Néanmoins, les limitations associées à l'ouverture absolue de ce middleware (notamment en termes de sécurité et surtout de performances) n'en font pas la proposition la plus crédible dans un contexte de collaboration d'organisations. De son côté, au fait qu'il ne soit pas le web (*i.e.* son inconvénient principal), le bus de services d'entreprise oppose un certain nombre de points forts. Il est en particulier susceptible de prendre en charge les questions non-fonctionnelles (qualité, sécurité, etc.) à un niveau bien plus contrôlable que le web. L'ouverture d'un ESB aux technologies d'implémentation de services peut s'avérer très vaste, en particulier du fait de la multiplication des composants de liaison (connecteur ou *binding components*) permettant d'accueillir et de connecter des services très hétérogènes et d'accroître concrètement les capacités d'interopérabilité des organisations (cf. Annexe IV). Par ailleurs, il peut embarquer nativement tout un panel de services additionnels parmi lesquels les fonctionnalités de monitoring, de mise en correspondance, de gouvernance et surtout d'orchestration. L'orchestration au sein d'une technologie ESB se base sur l'adressage de ces services et sur les protocoles d'échange de messages et de connexion des services pour exécuter le schéma de séquençement d'invocation des services que contient un fichier descriptif du workflow (type BPEL, XPD, BPMN 2.0 ou autres). Enfin, les possibilités de distribution d'un ESB (connexion de plusieurs ESB) apportent également à cette technologie un avantage complémentaire.

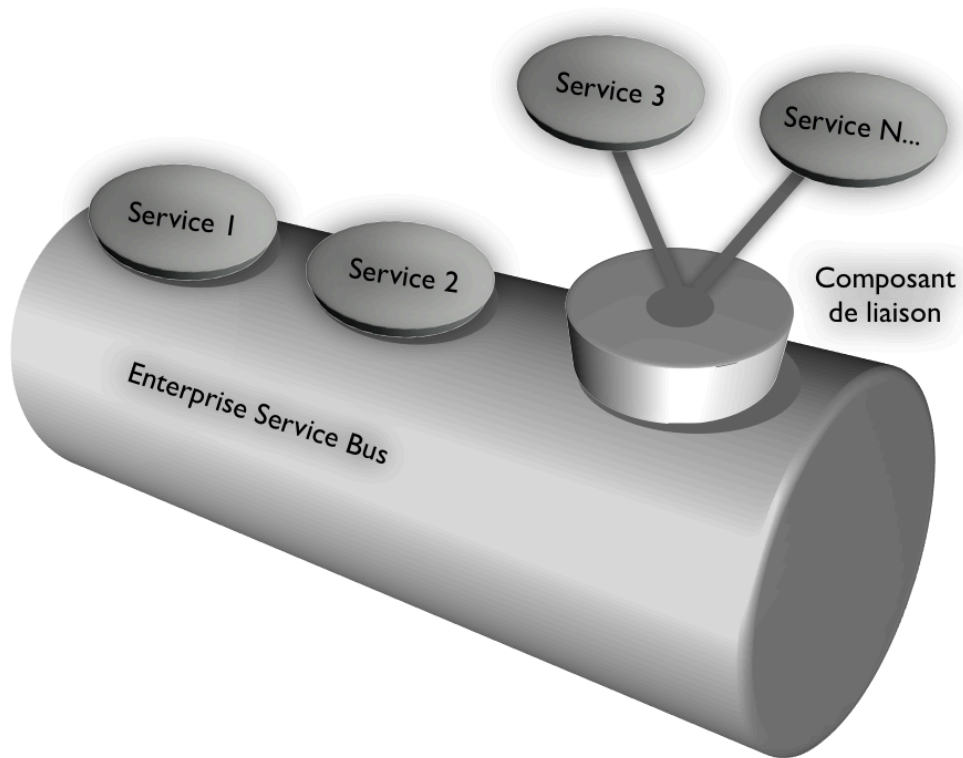


Figure 1.10 Une illustration de l'infrastructure de bus de services d'entreprise

Le paradigme SOA, basé sur un middleware en charge de l'acheminement des messages et sur l'atomisation des fonctions en tant que services indépendants connectés, couvre parfaitement les deux premières fonctionnalités de l'interopérabilité énoncées (gestion des informations et partage des fonctions). Par ailleurs, la troisième fonctionnalité (pilotage des processus) est parfaitement accessible à toute implémentation SOA dans la mesure où elle repose grandement sur les deux premières fonctionnalités. Les possibilités de déploiement opérationnel du paradigme SOA à l'aide d'un ESB, et la maturité industrielle atteinte par ces technologies (on peut citer bien plus d'une dizaine de produits, propriétaires ou libres) nous laissent à penser que le développement d'un SIM crédible pourrait raisonnablement s'appuyer sur le paradigme SOA et sur une technologie ESB.

Nous proposons donc de poursuivre le raffinement de la problématique générale de ces travaux selon la reformulation suivante :

Form1.4: Comment construire un SIM, basé sur le paradigme SOA et implémenté à l'aide d'un ESB, entre les SI des organisations ?

V. Dimension méthodologique : Business Process Management

Le déploiement ad hoc d'un ESB en tant que médiateur SOA d'une situation collaborative nécessite donc de disposer, d'une part des composants technologiques permettant l'implémentation concrète de l'ESB (middleware, orchestrateur, etc.) et d'autre part des éléments permettant la caractérisation SOA de la dynamique collaborative à supporter (informations formalisées, services invocables et processus à orchestrer). Tout l'enjeu est alors de « configurer » les composants technologiques de l'ESB selon les spécificités extraites de la caractérisation SOA de la situation métier.

Concernant l'infrastructure technologique, notre choix s'est porté sur l'ESB PETALS⁸. Ce bus de services implémente la norme JBI⁹ qui décrit l'échange de message au sein d'un middleware. Il propose un certain nombre de services additionnels parmi lesquels un orchestrateur capable d'exécuter des workflows décrits selon le formalisme BPEL¹⁰. Les raisons de ce choix sont multiples et vont de la qualité des services fournis (en particulier l'orchestrateur BPEL) à des raisons plus pratiques de proximité avec l'éditeur PETALS LINK (à la fois thématique, géographique, humaine et d'implication dans des projets communs) en passant par la crédibilité de la norme JBI.

Concernant les éléments de caractérisation SOA, ils relèvent intégralement de la situation collaborative considérée. Ces éléments se décomposent globalement selon deux volets :

- Les services (en tant que fonctions informatisées partagées) que les partenaires de la collaboration sont disposés à connecter au bus et à mettre à disposition du réseau collaboratif et les messages qui leurs sont associés (en tant qu'entrées ou sorties du service).
- Les workflows (en tant que modèles de processus informatisables) correspondant à la description concrète de la dynamique collaborative à implémenter. Ces workflows doivent naturellement faire référence à l'invocation des services et aux flux de messages.

L'obtention de la liste des services mis à disposition par chaque partenaire fait forcément référence à la partie publique du SI de chaque membre du réseau collaboratif. Il s'agit par conséquent d'un prérequis incontournable et bien indépendant de l'établissement ou non de la collaboration. Schématiquement, il s'agit de la capacité fonctionnelle que l'organisation accepte de partager en tant que « dot ». Chaque organisation doit donc clairement et officiellement identifier la liste des services qu'elle rend invocables du point de vue de la collaboration. Cette mise à disposition implique non-seulement la description fonctionnelle (qu'est-ce que la fonction sait faire), mais également son mode d'invocation (ses entrées et sorties) ou sa localisation (point d'accès sur le réseau informatique). Il est important de réaliser que ces informations dépendent spécifiquement de chaque organisation partenaire, indépendamment de la collaboration visée : quelle que soit la crédibilité ou la difficulté de la mise en place d'une collaboration, la description des parties publiques de chaque partenaire potentiel est une tâche préalable indépendante, similaire à la définition préliminaire d'un profil individuel au sein de n'importe quel réseau.

Concernant la définition des workflows, le problème est bien plus complexe puisque ces modèles comportementaux collectifs dépendent, par définition, de la collaboration visée. Il est évident qu'il faut connaître les objectifs du réseau, ses capacités fonctionnelles et sa raison d'être pour être en mesure de seulement envisager en définir la dynamique collaborative sous la forme de modèles de workflows. Ces workflows constituent la partition qui doit être exécutée entre les parties publiques des SI des partenaires afin de parvenir à la réalisation satisfaisante de la collaboration. Compte tenu des considérations précédentes, d'une part sur le choix d'une infrastructure technologique (PETALS ESB) et d'autre part sur la collecte des informations relatives aux services partagés par les partenaires de la collaboration à supporter, il est alors évident que cette « partition » constitue l'élément le plus critique et le plus délicat à obtenir vis-à-vis du déploiement pertinent d'un ESB de médiation. En effet, ces modèles de workflows dépendent non seulement de l'ensemble des parties publiques (il s'agit de déployer un comportement collaboratif s'appuyant sur ce que chaque partenaire peut faire pour la collaboration) mais ils sont également fermement dépendant de la collaboration elle-même et de ses caractéristiques visées. On en arrive donc à la formulation suivante :

Form1.5-a : Sous la double hypothèse que l'on suppose que (i) un ESB constitue une infrastructure de médiation pertinente et que (ii) chaque partenaire est concrètement en mesure de définir dans quelle mesure il souhaite prendre part à la

⁸ <http://petals.ow2.org/>

⁹ Java Business Integration

¹⁰ Business Process Execution Language

collaboration (description des services partagés), le déploiement concret d'un SI de médiation respectant les principes SOA, dépend alors principalement de la capacité du réseau collaboratif à définir sa dynamique de collaboration sous la forme de modèles de workflows.

Par ailleurs, ce constat est parfaitement cohérent avec le fait que le recueil des besoins associés au support d'une collaboration d'organisations peut relever du domaine de la modélisation d'entreprises. En effet, les organisations concernées peuvent être caractérisées sur la base des principes et mécanismes associés à la modélisation d'entreprise et il est par conséquent légitime de supposer qu'une collaboration entre de tels acteurs puisse également être définie à l'aide des mêmes outils. Par ailleurs, la norme CIMOSA (qui constitue une référence incontournable du monde de la modélisation d'entreprise) décrit dans (Vernadat, 1996), précise que les quatre vues essentielles de la modélisation d'entreprise sont : la vue fonctionnelle (décrivant les processus), la vue informationnelle (décrivant la connaissance), la vue organisationnelle (décrivant les responsabilités, les affectations et la hiérarchie) et la vue des ressources (décrivant les moyens). Or, si la description des services de chacun des partenaires permet de recenser les moyens disponibles (soit la couverture de la vue des ressources), la description complète des processus et des workflows collaboratifs doit permettre de définir la répartition des tâches entre partenaires (soit la couverture de la vue organisationnelle), les fonctions invoquées et leur séquencement (soit la vue fonctionnelle) et les échanges de messages (soit une description de la vue informationnelle). La figure suivante illustre ces recouvrements conceptuels :

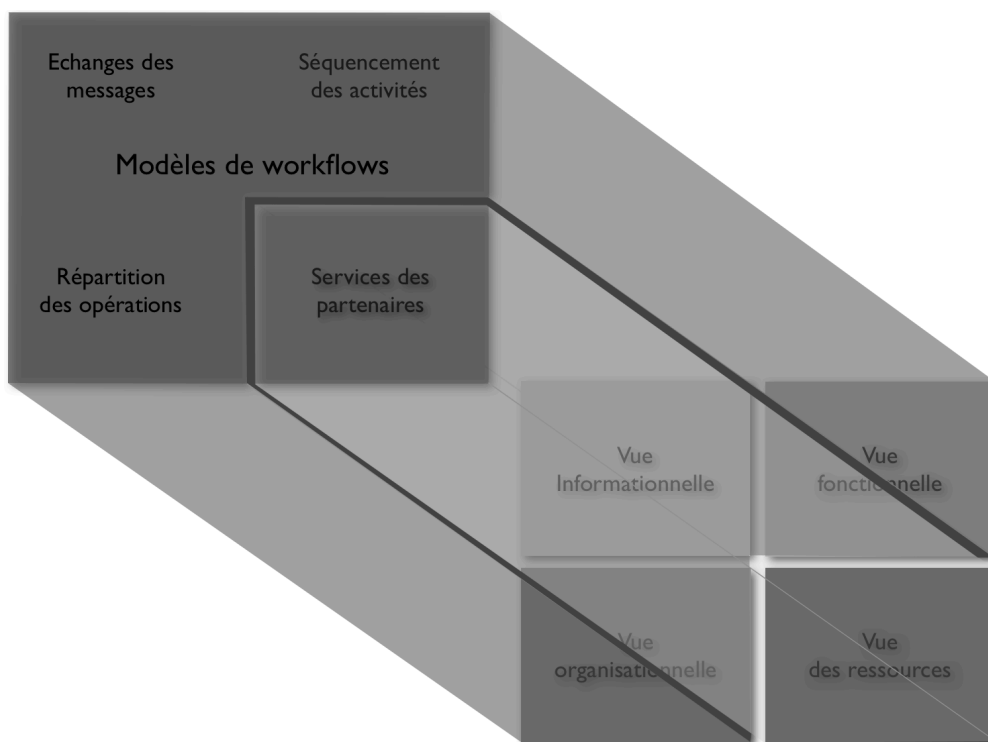


Figure 1.11 Recouvrement conceptuel entre workflows/services et modélisation d'entreprise

Il est évident, mais néanmoins nécessaire, de souligner que si le raisonnement précédent permet de mettre en évidence l'équilibre théorique (en termes de « matière cognitive ») de l'équation :

Modèles de workflows + services → vue informationnelle + vue fonctionnelle + vue organisationnelle + vue des ressources

Il n'en demeure pas moins qu'on ne peut pas présager d'un recouvrement exhaustif. En effet, les vues de la modélisation d'entreprise recensent potentiellement une connaissance plus riche et plus complète que ce que peuvent apporter les modèles de workflows et la liste des services : la vue des ressources et la vue organisationnelle seront en particulier moins bien couvertes que les vues fonctionnelle et informationnelle. Néanmoins, ce constat permet d'apporter une justification supplémentaire à la proposition **Form1.5-a**. Considérant que nous avons, d'une part établi qu'un ESB tel que l'outil PETALS constitue un support technologique tout à fait légitime vis-à-vis d'une ambition de médiation et, d'autre part, supposé que chaque partenaire était en mesure de renseigner la collaboration quant aux services qu'il souhaite mettre à disposition de la collaboration, nous allons nous intéresser aux

solutions permettant la modélisation du comportement du réseau d'organisations afin de satisfaire l'objectif de collaboration.

On appelle *BPM* (Business Process Management) ou gestion des processus métier, l'approche consistant à modéliser les processus métier d'une ou plusieurs organisations, sous la forme d'une cartographie couvrante du périmètre organisationnel considéré (Morley *et al.*, 2005). Cette modélisation des processus s'organise généralement sur plusieurs niveaux destinés à absorber l'abstraction nécessaire à appréhender exhaustivement et efficacement le périmètre considéré. Même si cette approche de caractérisation d'une dynamique comportementale n'est pas standardisée (il existe par conséquent différentes versions, voire différents outils logiciels), on peut mettre en évidence certains invariants de l'approche permettant de l'appréhender rapidement de manière satisfaisante :

- Le premier niveau de cette cartographie de processus est généralement dédié à l'identification des processus principaux, répartis selon leur type (décisionnel, opérationnel ou support). On peut noter deux points importants : (i) ce premier niveau contient rarement plus d'une vingtaine de processus (et ce quelle que soit la dimension de l'organisation considérée) et (ii) ce premier niveau a pour unique ambition de recenser de manière couvrante les composantes du comportement de l'organisation considérée (il s'agit de s'assurer que toutes les activités de l'organisation peuvent être positionnées au sein de ce premier niveau).
- Le deuxième niveau de cette cartographie de processus s'appuie sur des diagrammes de flux (par exemple de type IDEF0, (FIPS, 1983)) pour décrire de manière descendante les processus identifiés au premier niveau de la cartographie. On peut noter deux points importants : (i) ce deuxième niveau définit la nature des flux entre processus et (ii) ce deuxième niveau est également chargé d'absorber la dimension de l'organisation considérée.

Concernant le premier point, chacun des processus du premier niveau peut être détaillé, par exemple en termes *d'entrées du processus / sorties du processus / consignes de déroulement / ressources mises en œuvre* ou autres composantes caractéristiques des flux. Cette description permet en particulier d'explicitier les liens existant entre processus. Schématiquement, et en s'appuyant sur les composantes *entrées, sorties, consignes* et *ressources*, on constate alors que les échanges entre processus se décrivent comme indiqué dans le tableau suivant :

FLUX → ↑ ↗		DECISIONNEL			OPERATIONNEL			SUPPORT		
		Entrée	Consigne	Ressource	Entrée	Consigne	Ressource	Entrée	Consigne	Ressource
DEC.	Sortie	✓	✓	✓		✓			✓	
OPE.	Sortie	✓			✓	✓	✓	✓		
SUP.	Sortie			✓			✓	✓	✓	✓

Tableau 1.1 Nature des échanges selon les types de processus

Ainsi, toute *sortie* d'un processus de type A (*i.e.* décisionnel, opérationnel ou support) peut être une *entrée*, une *consigne* ou une *ressource* d'un processus de même type A, alors qu'elle sera généralement une *consigne* d'un processus d'un autre type (si A = Décisionnel), une *entrée* (si A = Opérationnel), ou une *ressource* (si A = Support).

- Concernant le deuxième point, il faut noter qu'il est possible de décrire chaque processus à l'aide des sous-processus qui le composent, dont on décrira à leur tour les *entrées, sorties, consignes* et *ressources*. Cette descente en abstraction permet de parcourir à volonté la dimension de l'organisation. On peut ainsi avoir plusieurs dizaines de sous-processus imbriqués de deuxième niveau (dans le cas d'une organisation très volumineuse) comme aucun sous-processus de deuxième niveau (dans le cas d'une organisation de dimension très réduite). Concernant cette descente en abstraction, le principe à retenir est de décrire les sous-processus jusqu'à ce qu'on arrive aux sous-processus contenant des fonctions élémentaires (par fonctions élémentaires, on entend les fonctions qui correspondent à des compétences natives des ressources de l'organisation considérée).

- Le troisième niveau de cette cartographie de processus décrit la dynamique comportementale de niveau final sous la forme de diagrammes événementiels (par exemple de type BPMN (BPMN, 2011), Event Process Chain (Scheer, 2000) ou autres). Chacun des processus ou sous-processus (de deuxième niveau) constituant les derniers stades de raffinement d'un processus (du premier niveau), tel qu'obtenu lors de la descente en abstraction du deuxième niveau, est donc décrit sous la forme d'un diagramme événementiel. La couverture fonctionnelle identifiée au premier niveau est donc intégralement couverte par un maillage de sous-processus événementiels de troisième niveau, obtenus par raffinement des diagrammes de flux du deuxième niveau. Il est important de noter que ces processus de troisième niveau sont de taille très réduite (c'est le nombre de ces diagrammes événementiels qui représente la dimension de l'organisation considérée).

De manière schématique, on peut établir que (i) le premier niveau est destiné à permettre l'identification couvrante du périmètre fonctionnel de l'organisation considérée sous la forme de macro-processus, (ii) le deuxième niveau est destiné à établir les connexions entre les processus et à absorber la dimension de l'organisation considérée et (iii) le troisième niveau est destiné à décrire de la manière la plus exploitable possible les processus finaux obtenus à l'issue de ce mécanisme de raffinement. La figure suivante présente une vision globale de l'approche BPM telle qu'elle a été décrite précédemment :

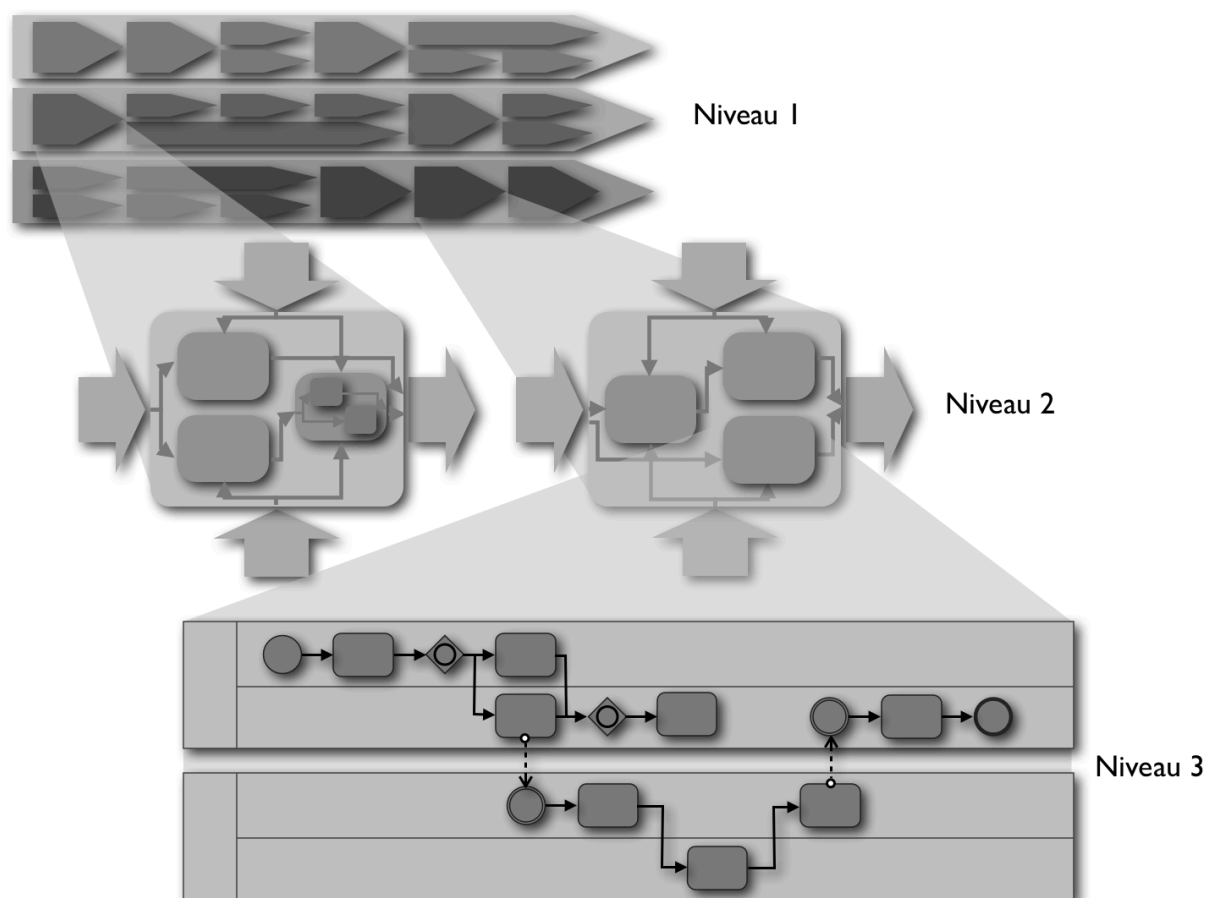


Figure 1.12 Vision globale de l'approche BPM

Une démarche BPM peut aujourd'hui donner lieu à différentes utilisations. Généralement, la mise en œuvre repose sur une approche montante portant sur une organisation existante pour (i) obtenir une certification, (ii) améliorer, corriger et optimiser le comportement de l'organisation et (iii) proposer une spécification formalisée d'un SI parfaitement aligné avec les processus de l'organisation :

- Concernant la certification, il s'agit essentiellement pour l'organisation considérée de démontrer que ses processus sont effectivement décrits, analysés et appliqués. Ce travail de formalisation permet alors de prétendre à certains niveaux de certification par des organismes spécialisés.
- Concernant la correction et l'optimisation des processus, il faut noter qu'une fois décrits et formalisés, les processus de l'organisation peuvent être étudiés (par simulation, par positionnement

d'indicateurs de performances ou encore par des méthodes formelles de vérification et de validation de tels diagrammes) et qu'on peut alors y détecter des failles ou des optimisations potentielles. Ces améliorations peuvent alors être appliquées aux modèles afin d'être reportées dans le fonctionnement réel de l'organisation (évidemment, c'est cette transition des modèles vers le monde réel qui est la plus difficile à réaliser).

- Concernant la spécification de SI, il s'agit essentiellement d'identifier et d'extraire les workflows potentiels (en tant que sous-partie informatisable des processus modélisés) afin de constituer un recueil d'exigences pertinent pour un SI qui supporterait efficacement les processus de l'organisation considérée. Tout l'enjeu de cette étape est donc de déterminer, parmi les modèles de processus obtenus au troisième niveau de la démarche BPM, quelles activités sont déjà informatisées, lesquelles sont potentiellement informatisables, voire partiellement informatisables et lesquelles doivent rester à la charge d'une ressource avec laquelle il n'est pas possible de s'interfacer informatiquement. Notons qu'il est presque toujours possible d'informatiser, au moins superficiellement, une activité d'un processus : Même une tâche de décision (*i.e* la tâche la plus « humaine » qui soit) peut être appelée par le biais d'une interface et peut donner lieu à un rapport transmis informatiquement, ce qui permet de l'intégrer au sein d'un workflow (même si la fonctionnalité pure de « décision » n'a pas été réalisée informatiquement).

Si ces utilisations du BPM constituent les approches les plus classiques, et puisque l'objectif formulé au travers de form.5-a concerne une collaboration en devenir, on est en droit de s'interroger sur les pistes d'utilisation du BPM vis-à-vis d'organisations qui n'existent pas (et en particulier la collaboration d'organisations ciblées) et dont on cherche à caractériser les comportements (c'est à dire à définir les processus afin d'obtenir la dynamique collaborative sous forme de workflows). La réponse la plus naturelle est alors d'envisager une approche, non plus montante comme évoqué précédemment, mais descendante, visant à faire émerger un comportement collaboratif pertinent et cohérent avec les objectifs du réseau d'organisations impliquées dans la collaboration escomptée. Cette vision de l'approche BPM doit alors mettre en regard les objectifs et les processus afin de définir, en se basant ou non sur des recueils de processus existants, les processus collaboratifs tels qu'ils doivent idéalement être mis en place entre les partenaires afin d'assurer le meilleur fonctionnement à la collaboration cible. On en arrive alors à une nouvelle reformulation de la problématique générale :

Form1.5 : Comment mener une démarche BPM pour construire un SIM basé sur le paradigme SOA et implémenté à l'aide d'un ESB, entre les SI des organisations ?

VI. Dimension outillage : L'Ingénierie Dirigée par les Modèles

S'il a été exposé lors de la section précédente qu'une démarche BPM devrait permettre de construire des modèles de processus collaboratifs, représentatifs de la dynamique de la collaboration dont on cherche à assurer le support, nous n'avons pour autant aucun indice concernant la façon dont cette approche descendante, même potentiellement basée sur des référentiels de processus existants, pourrait être réalisée. Par ailleurs, dans l'hypothèse où ces diagrammes événementiels de processus collaboratifs pourraient être obtenus, la distance séparant ces modèles et le déploiement à proprement parler d'un ESB, en tant que SI de médiation (même s'il doit supporter lesdits processus modélisés) est évidemment considérable. En conséquence, on doit s'intéresser à deux problèmes :

- Comment passer du flou de la seule volonté de collaborer (riche uniquement de ce que chacun veut y mettre et des motivations à l'origine de cette ambition) à des modèles de processus dignes de ce nom, même si la démarche BPM constitue un guide sérieux ?
- Comment passer de diagrammes événementiels, même parfaitement formalisés et hérités d'une approche BPM garantissant une couverture exhaustive du périmètre fonctionnel de la collaboration, aux éléments de déploiement concrets d'un ESB en tant que médiateur des SI des organisations partenaires ?

Nous allons nous attacher à démontrer que dans un cas comme dans l'autre, l'ingénierie dirigée par les modèles (Bézivin *et al.*, 2009), (Favre *et al.*, 2006) fournit des outils, théoriques et pratiques, à même d'assurer ces transitions (qu'elles soient de *l'idée de collaboration* vers les *modèles de processus* ou de ces *modèles de processus* vers les *éléments de déploiements* d'un ESB de médiation).

La notion d'ingénierie dirigée par les modèles est indissociable de la philosophie MDA (Model-Driven Architecture (OMG, 2003)). Si l'ingénierie dirigée par les modèles est une philosophie datant des années 80, MDA est une initiative de l'OMG¹¹ apparue à la toute fin des années 90 qui propose un support concret à l'ingénierie dirigée par les modèles. Il s'agit d'une philosophie de conception de système logiciel qui s'articule principalement autour d'un cycle, dit en « Y », faisant intervenir trois niveaux de modélisation. Le niveau le plus abstrait ou CIM (pour *Computer Independent Model*) est chargé de capitaliser la connaissance relative aux attentes et spécifications du système. Le niveau intermédiaire ou PIM (pour *Platform Independent Model*) décrit une solution répondant aux exigences et à la description contenues dans le CIM sans prendre en compte les contraintes d'infrastructure informatique de déploiement. Enfin, le niveau le plus concret ou PSM (pour *Platform Specific Model*) modélise la solution décrite à l'aide du PIM telle qu'elle s'implante dans la plateforme informatique décrite à l'aide du modèle PM (pour *Platform Model* ou PDM pour *Platform Description Model*). Il est important de noter qu'il peut y avoir plusieurs PIM (représentant plusieurs solutions logiques envisageables pour répondre aux exigences décrites dans le CIM) et/ou plusieurs PSM (correspondant à plusieurs implémentations possibles, voire à plusieurs composantes d'une même implémentation). La figure suivante schématise ce cycle MDA :

¹¹ Object Management Group, communauté de réflexion autour des approches orientée-objets : <http://www.omg.org/>

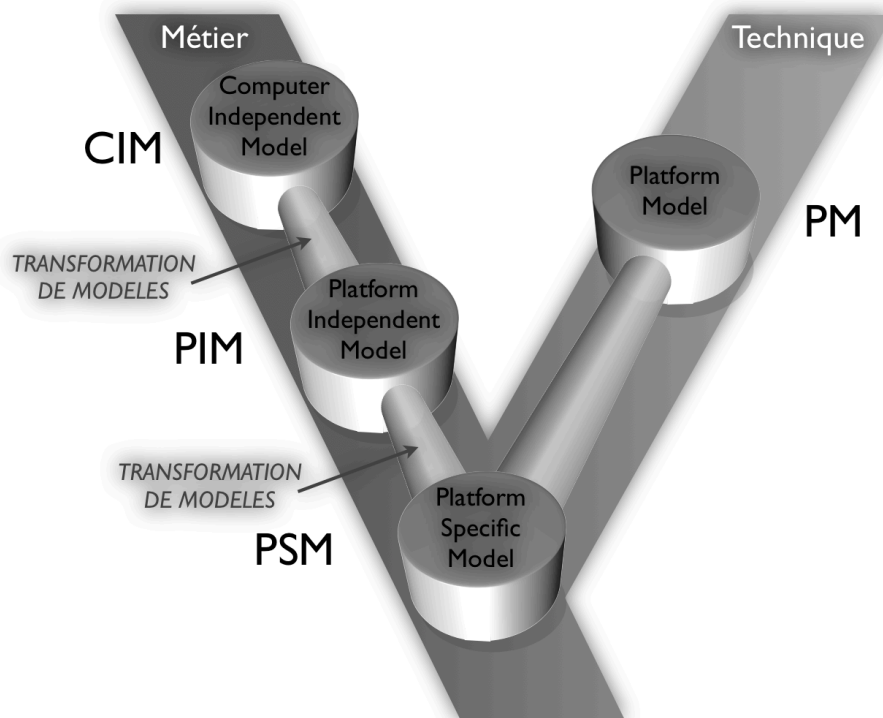


Figure 1.13 Schéma de principe de la vision MDA

On peut estimer schématiquement qu'il y a deux principes majeurs que l'on peut extraire de cette présentation de l'ingénierie dirigée par les modèles en général et de l'architecture MDA en particulier : une démarche raisonnable d'ingénierie dirigée par les modèles repose sur (i) un cycle mettant en œuvre un certain nombre de modèles représentatifs de niveaux d'abstraction divers et légitimes vis-à-vis du type de système considéré (par exemple les CIM, PIM et PSM de MDA) et (ii) un mécanisme, définissant et assurant le passage d'un modèle à un autre, dénommé « transformation de modèle ».

Fort de ces considérations, on peut constater que les niveaux d'abstraction associés à la problématique de conception d'un SIM telle qu'elle est évoquée dans ce document apparaissent de manière quasi-évidente. Il a déjà été fait mention d'un premier niveau qui pourrait correspondre à un modèle décrivant les objectifs et la (ou les) raison(s) d'être de la collaboration ainsi que les fonctionnalités et compétences que les partenaires potentiels souhaitent mettre en commun au sein de la collaboration (approche par médiation). On a également envisagé un niveau dédié à la modélisation de processus collaboratifs correspondant à la description formelle de la dynamique collective exploitant les moyens et fonctionnalités mis en commun pour satisfaire les ambitions de la collaboration (vision BPM). Ce deuxième niveau, dans une approche IDM, devrait être construit par transformation de modèles sur la base de la connaissance contenue au sein du premier niveau d'abstraction. Enfin, un troisième niveau s'impose également, correspondant au modèle descriptif des éléments constitutifs du SIM basé sur l'infrastructure d'un ESB (vision SOA). Ce troisième niveau, toujours selon une approche IDM, pourrait être obtenu par transformation de modèle en exploitant la matière informationnelle contenu dans le modèle de deuxième niveau. On obtient donc schématiquement une vision sur trois niveaux qui peuvent être désignés sous les termes *modèle métier*, *modèle logique* et *modèle technique*. Par ailleurs, ces trois niveaux de modélisation s'articulent autour de deux transformations de modèles, l'une du *modèle métier* au *modèle logique* et l'autre du *modèle logique* au *modèle technique*. On peut alors noter une similitude très significative avec la vision MDA et les trois modèles CIM, PIM et PSM (même si MDA se focalise généralement sur la transformation du PIM vers le PSM en ne considérant le CIM que comme un recueil de besoins et de spécifications. Quoi qu'il en soit, ces réflexions nous amènent à proposer la reformulation suivante pour la problématique générale :

Form1.6 : Comment mener une démarche BPM, supportée par une approche IDM, pour construire un SIM reposant sur le paradigme SOA et implémenté à l'aide d'un ESB, entre les SI des organisations ?

A ce stade de la réflexion, où l'objectif est uniquement de raffiner la problématique pour la décomposer selon ses dimensions principales et de la rendre ainsi réductible, il n'est pas envisageable de proposer une description plus avancée des trois modèles (*métier*, *logique* et *technique*) évoqués précédemment (ces descriptions feront, entre autres choses, l'objet de la partie suivante), néanmoins, il est tout à fait pertinent de nous pencher sur la notion de transformation modèle. En effet, la réduction précédente, quelque peu drastique, de l'IDM au binôme *cycle de conception* et *transformation de modèles* illustre en réalité que ce mécanisme de *transformation de modèle* constitue le cœur opérationnel de l'IDM, cœur qu'il convient de « configurer » justement par le biais de la définition du cycle approprié et des modèles représentatifs des différents niveaux de ce cycle. Nous allons donc nous tourner vers le principe théorique de la transformation de modèle en essayant d'en donner une description générique, telle qu'elle peut être utilisée dans le cadre de n'importe quel cycle d'ingénierie dirigée par les modèles. La figure suivante illustre ce principe générique :

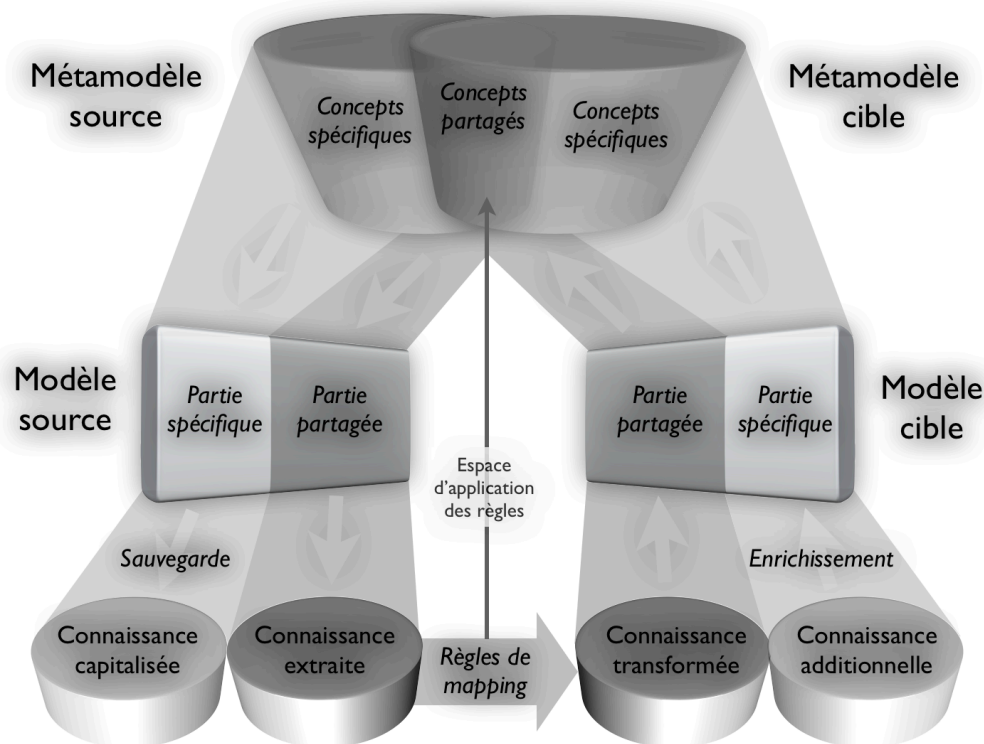


Figure 1.14 Schéma de principe de la transformation de modèles

L'ambition d'une transformation de modèles est d'utiliser la connaissance emmagasinée au sein d'un *modèle source* pour construire systématiquement et donc potentiellement automatiquement un *modèle cible*. Ce *modèle source* est construit conformément à un *métamodèle source* (qui définit des règles de modélisation du domaine de départ, cf. Annexe I). Le *modèle cible*, similairement, doit respecter un *métamodèle cible* (qui définit le domaine d'arrivée). Un principe capital concerne le fait que les deux *métamodèles*, *source* et *cible*, ne doivent pas être totalement disjoints afin de partager un certain nombre de concepts (comme le montre la figure 14).

Du fait de cet espace conceptuel commun entre l'espace de départ et l'espace d'arrivée, un ensemble de *règles* peut être établi, *règles* qui doivent décrire comment les concepts relevant du *métamodèle cible* et situés dans l'espace commun peuvent être obtenus à partir des concepts relevant du *métamodèle source* et situés également dans cet espace commun. Ces règles constitueront les *règles de transformation* (ou *règles de mapping*).

Toujours du fait de l'existence de ces *concepts partagés* entre métamodèles, le *modèle source* contient des éléments de modélisation issus de ces *concepts partagés* (la *partie partagée* du *modèle source*) et d'autres issus des *concepts spécifiques* (la *partie spécifique* du *modèle cible*). De ce *modèle source* on va alors pouvoir identifier une *connaissance capitalisée* (correspondant à la matière issue de la *partie spécifique*) et une *connaissance extraite* (issue de la *partie partagée*). La *connaissance extraite* va

concrètement constituer la matière première pour la transformation de modèle à proprement parler alors que la *connaissance capitalisée* sera plutôt stockée afin d’être éventuellement utilisée ultérieurement.

Les *règles de mapping* peuvent alors être appliquées à la *connaissance extraite* : il s’agit en fait de transformer les éléments du *modèle source* issus des *concepts partagés* en éléments du *modèle cible* faisant également référence à ces *concepts partagés*. Le résultat de cette opération est l’obtention d’une *connaissance transformée*. Une *connaissance additionnelle* doit alors être importée afin de combler les manques concernant les *concepts spécifiques* du *métamodèle cible* (puisque seule les *concepts partagés* ont été couverts par l’application des *règles de mapping*). La *connaissance transformée* et la *connaissance additionnelle* sont alors combinées pour créer la *partie partagée* et la *partie spécifique* du *modèle cible*.

Il faut bien entendu noter que ces différentes « *connaissances* » peuvent être plus ou moins conséquentes selon la pertinence et la qualité de la transformation de modèles. Si la *connaissance capitalisée* et la *connaissance additionnelle* sont peu significatives (par rapport aux *connaissances extraite* et *transformée*), on peut supposer que la transformation de modèles considérée est relativement efficace (dans le sens de l’automatisation). A contrario, si la *connaissance extraite* et la *connaissance transformée* sont faibles par rapport aux *connaissances capitalisée* et *additionnelle*, il est fort probable que les domaines considérés soient trop distants et que la transformation s’avère finalement très manuelle (*i.e.* non programmable par des règles génériques). La première des deux situations « asymptotiques » (*i.e.* aux limites) associées à ces considérations correspond à une transformation de modèles entre deux domaines conceptuellement disjoints (dite exogène pure), qui reviendrait en fait à une création de *modèle cible* sur la base de la seule *connaissance additionnelle* (la *connaissance transformée* étant vide du fait du caractère disjoint des deux espaces de départ et d’arrivée). Il s’agirait finalement simplement d’une réalisation « from scratch » du *modèle cible*. La deuxième situation « asymptotiques » (*i.e.* aux limites) correspond quant à elle à une transformation entre deux domaines conceptuellement confondus (dite endogène), qui reviendrait concrètement à une création du *modèle cible* sur la base de la seule *connaissance transformée* (la *connaissance additionnelle* étant vide du fait de caractère confondu des deux espaces de départ et d’arrivée). Il s’agirait finalement d’une transformation d’un premier modèle en un second modèle rigoureusement équivalent, mais exprimé dans un langage différent.

Par ailleurs, une transformation est dite « verticale » si elle met en jeu différents niveaux d’abstraction au sein du cycle d’ingénierie dirigée par les modèles (typiquement, la transformation du PIM au PSM dans un cycle MDA est une transformation verticale). De même, une transformation est dite « horizontale » si elle demeure au même niveau d’abstraction au sein du cycle d’ingénierie dirigée par les modèles (la transformation d’un digramme GRAI en un diagramme d’activité UML présentée dans (Grangel *et al.*, 2006) et (Grangel *et al.*, 2010) est une transformation horizontale). Ainsi, en s’inspirant librement de (Combemale, 2008), on peut proposer le tableau de synthèse suivant visant à relier l’orientation des transformations de modèles (horizontale ou verticale) avec l’origine des transformations de modèles (endogène ou exogène) au travers d’une fréquence d’occurrence.

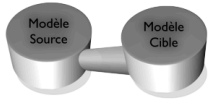

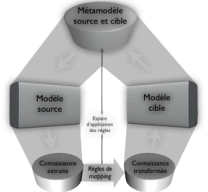
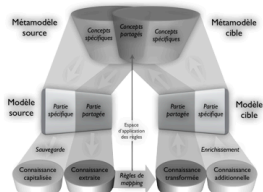
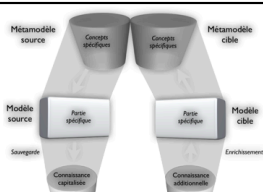
	Transformation horizontale 	Transfo. verticale 
Transformation endogène 	Commun	Rare
Transformation exogène 	Commun	Fréquent
Transformation exogène pure 	Très rare	Très rare

Tableau 1.2 Fréquence des différents types de transformations de modèles

Il nous reste donc à nous interroger sur les deux transformations de modèles que nous envisageons dans la suite. Il semble clair à première vue que les deux transformations de modèles envisagées correspondent toutes les deux à des transformations de modèles *verticales* puisqu'on cherche, au travers de ces étapes, à descendre en abstraction du niveau *métier* au niveau *logique* puis du niveau *logique* au niveau *technique*. En revanche, concernant le caractère endogène ou exogène de ces transformations, il convient d'étudier les recouvrements conceptuels entre métamodèles : d'une part entre le métamodèle de caractérisation de situation collaborative et le métamodèle de processus collaboratifs (ou de cartographie de processus collaboratifs) et d'autre part entre le métamodèle de processus collaboratifs et le métamodèle du SI de médiation basé sur un ESB. Nous verrons assez naturellement que ces deux transformations peuvent être considérées comme exogènes. Au final, et si l'on se réfère au tableau précédent, les transformations de modèles envisagées se positionnent plutôt au niveau de la case grisée.

VII. Dimension comportementale : L'Agilité

A l'issue des différentes étapes de raisonnement précédentes, l'étude de la problématique a abouti à la formulation suivante :

Form1.6 : Comment mener une démarche BPM, supportée par une approche IDM, pour construire un SIM reposant sur le paradigme SOA et implémenté à l'aide d'un ESB, entre les SI des organisations ?

Cette proposition illustre clairement la volonté de définir une démarche dédiée à la **conception** d'un système d'information de médiation et donc de se positionner au niveau du *Design-Time* et des étapes du cycle de vie qui précèdent l'utilisation opérationnelle du SIM. Néanmoins, la notion de collaboration présente également de fortes contraintes au niveau du *Run-Time* et des étapes du cycle de vie qui concernent le fonctionnement et le comportement du SIM. En effet, la dynamique opérationnelle d'une collaboration peut être exposée à des aléas, potentiellement incontournables, pouvant nécessiter une évolution du SIM. Ces sources d'adaptation peuvent être internes (changement d'objectif, indisponibilité imprévue de ressource, départ ou arrivée de partenaire, etc.) ou externes à la collaboration (modification de l'environnement, évolution de la demande, etc.). Cette dynamique est même de plus en plus une composante intrinsèque de la notion de collaboration d'organisation dans l'environnement actuel (cf. la deuxième section de cette partie et la discussion sur la fluidification de l'écosystème). A ce titre, et sur la base des réflexions proposées dans (Pingaud, 2009) on peut schématiquement décrire les types d'évolutions des situations collaboratives selon trois classes :

- **Evolution du contexte** : Ce premier type d'évolution concerne l'environnement de la collaboration qui diffère de celui pris en compte pour définir le comportement collectif du réseau collaboratif. Il peut ainsi s'agir d'un réel changement (par exemple, l'évolution d'un appel d'offre ou la mutation d'une crise sanitaire en crise sociale) ou de la simple prise en compte d'informations ignorées jusque là (par exemple, la communication de l'état de santé défaillant d'un fournisseur ou la découverte de victimes inconnues sur le théâtre d'une crise météorologique).
- **Evolution du réseau** : Ce deuxième type relève des partenaires, de leurs compétences et/ou de leurs ressources. Il peut par exemple s'agir de l'arrivée d'un nouveau partenaire, du départ d'un acteur, de l'épuisement ou de l'indisponibilité de ressources, etc.
- **Evolution de dysfonctionnement** : Ce dernier type d'évolution souligne la possibilité qu'une (ou plusieurs) activité(s) n'aient pas l'effet escompté (parce qu'on les a mal évaluées ou qu'elles se sont mal exécutées). On peut par exemple évoquer le cas d'un procédé manufacturier censé renforcer la résistance d'un matériau et qui n'a pas les résultats attendus ou encore le cas des tonnes d'eau de mer déversées sur les réacteurs de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi et qui ne les ont pas refroidis dans les proportions attendues. Dans les deux cas, la dynamique comportementale ne peut être poursuivie aveuglément « comme si de rien n'était » et doit être interrompue et adaptée.

Fort de ces considérations, l'agilité du SIM en *Run-Time* constitue alors un impératif à prendre en compte, impératif qui engendre un certain nombre de répercussions sur l'architecture du SIM. Des travaux tels que ceux présentés dans (Andonoff *et al.*, 2007) ou plus « historiquement » dans (van der Aalst, 1998) amènent rapidement à considérer l'agilité comme une propriété nécessaire aux workflows.

La notion d'agilité a largement été discutée par de nombreux d'auteurs (Kidd, 1994), (Lindberg, 1990). On peut citer (Sheffi, 2004) qui perçoit l'agilité comme *l'habilité à répondre à des changements à courts termes*. Le Petit Robert définit un sujet *agile* comme un sujet *qui a de la facilité et de la rapidité dans l'exécution de ses mouvements*. A ces notions de *facilité* et de *rapidité*, nous proposons d'ajouter la notion de *pertinence*. Il nous semble en effet que l'agilité implique une certaine adéquation entre les adaptations réalisées (*i.e.* les « mouvements » de la définition précédente) et le contexte dans lequel elles ont été décidées. Ainsi, nous proposons la définition suivante : *l'agilité est la faculté d'un sujet à mener le plus rapidement possible, d'une part, la détection de son inadaptation à un contexte donné et, d'autre part, la mise en place de l'adaptation requise*. On peut alors décrire schématiquement l'agilité selon la formule suivante :

Form1.7-a : Agilité = (Détection + Adaptation) x Réactivité

La notion de *détection de la nécessité de s'adapter*, qui fait directement référence au concept de « diagnostic », repose sur la capacité du sujet (ou du système) à déterminer au plus vite (*réactivité*), sur la base de l'analyse d'une image (modèle ?) d'une situation réelle, l'inadéquation du positionnement courant. La notion d'*adaptation à cette situation*, qui fait référence au concept de « flexibilité », relève quant à elle de la capacité du sujet (ou du système) à contrôler sa propre géométrie et sa propre structure pour les

faire évoluer au plus vite (*réactivité*) vers la conformation la plus appropriée à la situation réelle, ou plus exactement à l'image dont le sujet dispose de cette situation. Il est intéressant de noter que, chronologiquement comme conceptuellement, la transition entre *détection* et *adaptation* n'est pas si tranchée que le laissent supposer les lignes précédentes. En effet, sur le plan chronologique, la *détection* peut être un processus long, voire continu, conduit en parallèle de l'*adaptation* associée, elle-même potentiellement durable, voire continue. Sur le plan conceptuel, la *détection* peut s'extraire de son statut binaire de « sémaphore » en utilisant les mécanismes à l'origine du diagnostic pour associer à l'émission de son signal d'alerte un certain nombre de recommandations relatives à la façon de s'adapter, ce qui constitue le début de l'*adaptation*.

Sur le plan d'une réflexion toute théorique nous proposons d'associer deux compétences à l'idée d'*analyse d'une image ou d'un modèle relatif à une situation réelle* : (i) la capacité à disposer à tout moment d'un modèle de la situation réelle (en tant qu'image la plus fidèle possible) et (ii) la faculté de confronter à tout moment la structure du sujet (ou du système) à cette image de la situation réelle afin d'en mesurer le niveau d'adéquation. On peut noter que le premier point ne précise pas si pour disposer de l'image évoquée il faut maintenir un modèle de manière continue ou s'il s'agit d'être capable de le construire instantanément à la demande. Néanmoins, on peut également constater que cette notion d'analyse et de détection fait forcément référence à une notion de gestion de la *connaissance* relative d'une part à l'environnement (l'image de la situation) et au sujet lui-même (la conformation courante).

De la même façon, nous proposons d'associer deux compétences à l'idée d'*adaptation de la structure vers la conformation la plus appropriée* : (i) la capacité à évoluer dans une géométrie fermée prédéterminée (*i.e.* incluant le plus d'options possibles) et/ou (ii) la faculté de reconcevoir une structure nouvelle adaptée à la situation. Le premier point fait plutôt référence à une agilité dite de « Design-Time », par exemple basée sur des études de risques et aboutissant à la construction de modèles comportementaux « chevelus » incluant de nombreuses branches conditionnelles permettant de couvrir au mieux le domaine des possibles. Le second point fait plutôt référence à une agilité dite de « Run-Time » où il faut « improviser » la (re)construction de la meilleure conformation possible, au moment opportun. Les travaux présentés dans (Hernandez *et al.*, 2011) présentent par exemple des mécanismes d'adaptation des workflows associés au fonctionnement d'une chaîne logistique. Ces résultats reposent en particulier sur une négociation entre agents (dans une structure multiagents) afin d'adapter la planification de la chaîne logistique. Cette approche d'adaptation de workflow « à la volée », sur la base d'une négociation (qui est un moyen de prendre en considération indirectement la connaissance collective) se retrouve également dans les travaux présentés dans (Faure *et al.*, 2010). Néanmoins, l'un des objectifs de cette section est de démontrer que l'adaptation (et à plus forte raison l'agilité) ne se trouve pas seulement dans cette vision (réaliste et efficace) du traitement « à la volée », selon des mécanismes (protocoles de négociation ou autres) définis au préalable en Design-Time. Ainsi, concernant cette notion d'adaptation, et en s'inspirant du cadre proposé par (Schonenberg *et al.*, 2008), on peut proposer le référentiel de la figure 1.16 concernant l'adaptation du comportement (qui ne présage absolument pas de la capacité de détection et de diagnostic). On y retrouve l'adaptation de « Design-Time » qui concerne les cadres **A** et **C** (selon la complétude de la flexibilité apportée) et l'adaptation en « Run-Time » qui couvre les cadres **B** et **D** (toujours selon la complétude de la flexibilité apportée). Il faut bien entendu préciser que les différentes approches de prise en charge de l'adaptation, évoquées au travers des lignes précédentes et du cadre proposé peuvent s'avérer extrêmement complémentaires et que plusieurs approches conjointes peuvent se révéler bénéfiques quant aux capacités d'adaptation finales du sujet considéré.

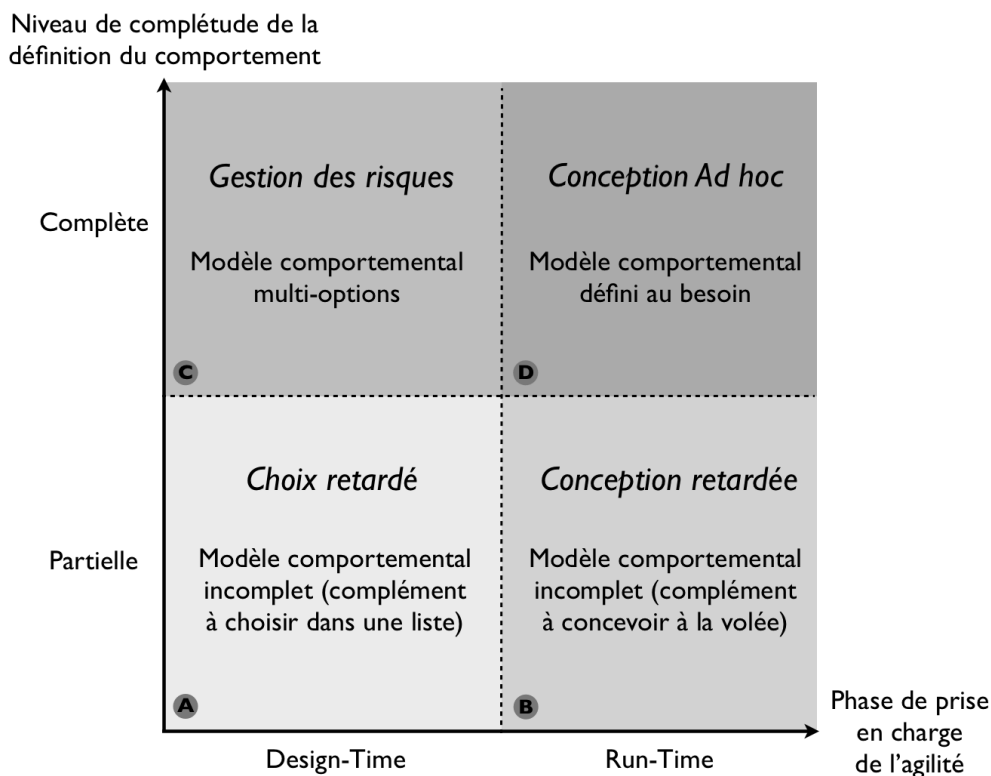


Figure 1.15 Référentiel d'adaptation du comportement (Schonenberg et al., 2008)

En conclusion à ces réflexions, on peut revenir sur la définition qui a été donnée de l'agilité et sur la formule 7-a en décrivant plus précisément que : *l'agilité est la capacité d'un sujet ou d'un système à disposer instantanément et à tout moment d'une vision claire de son environnement et de lui-même, à pouvoir déterminer immédiatement le niveau d'(in)adéquation entre cet environnement et sa conformation, et à pouvoir mettre en œuvre très rapidement des mécanismes d'adaptation (qu'ils soient inhérents à sa structure ou qu'ils soient improvisés à la volée) appropriés à son diagnostic.* On retrouve évidemment dans cette vision plus détaillée les notions de *détection* et *d'adaptation* dans un contexte de *réactivité*.

A l'issue de ces considérations et concernant la nécessaire prise en charge des évolutions potentielles de la collaboration au travers de l'agilité du SIM, nous proposons la reformulation de la problématique suivante :

Form1.7 : *Comment mener une démarche BPM, supportée par une approche IDM, pour construire un SIM capable de mettre en œuvre des mécanismes d'agilité efficaces, reposant sur le paradigme SOA et implémenté à l'aide d'un ESB, entre les SI des organisations ?*

Dans notre contexte de conception d'un SIM approprié à partir de modèles de workflows obtenus selon une approche IDM, on peut imaginer les détails suivants concernant les quatre types de prise en charge de l'agilité évoqués au travers de la figure 1.16 :

- *Choix retardé* : Une solution implémentant ce premier principe nécessiterait d'autoriser la construction de modèles de processus puis l'orchestration de workflows pour lesquels certains tronçons spécifiques ou certaines activités ne seraient pas suffisamment décrits, laissant l'utilisateur choisir parmi un ensemble d'options d'exécution le moment venu (*i.e.* en Run-Time). Si la modélisation de ces processus incomplets ne semble pas forcément problématique, l'exécution par un moteur de workflows d'une partition partielle apparaît techniquement plus délicate.
- *Conception retardée* : De manière tout à fait similaire à l'option précédente (choix retardé), la conception retardée nécessiterait une modélisation de processus et une orchestration de workflows partielles. Néanmoins, il faudrait en plus que cette orchestration de ces modèles partiels, une fois confrontée à une interruption pour « incomplétude », permette l'exécution (en Run-Time) d'outils de Design-Time afin de rajouter les portions de processus inachevées (sans doute sur la base de nouvelles informations acquises lors des premières étapes d'orchestration).

- **Gestion des risques** : Cette troisième option étend et généralise le principe du choix retardé. Dans le contexte IDM de ces travaux, il s'agirait donc de conduire, en Design-Time, une étude la plus exhaustive et la plus couvrante possible des différentes opportunités, instabilités et menaces associées à la dynamique comportementale relevant de la situation étudiée. Ces aléas ainsi identifiés et listés, ladite dynamique collaborative pourrait alors être enrichie de toutes les options comportementales répondant à ces aléas. Schématiquement, ce type d'étude aboutit à l'obtention de modèles de processus « chevelus » couvrant au maximum le domaine des possibles. On peut citer par exemple (Sienou, 2009) ou (NGuyen, 2011) qui proposent des résultats concrets concernant l'étude parallèle et simultanée des modèles de processus (en tant que réponse à un besoin en termes d'objectif) et des modèles de gestion des risques (en tant que réponse à un besoin en termes de consolidation et de robustesse des processus).
- **Conception Ad Hoc** : Cette dernière option étend et généralise le principe de conception retardée. Dans le contexte de la problématique abordée ici, il s'agit principalement de permettre d'interrompre à tout moment l'orchestration du (ou des) processus de gestion de crise afin de pouvoir invoquer, en Run-Time, des outils de Design-Time destinés à redéfinir le (ou les) processus de manière plus adéquate. Cette dernière option permettrait ainsi de revenir au niveau d'abstraction le plus pertinent par rapport à l'adaptation souhaitée (caractérisation de la situation, modélisation de la dynamique de réponse, définition du médiateur, déploiement du SI de médiation) et donc d'imbriquer, voire de fusionner, le Design-Time et le Run-Time.

VIII. Cas particulier du domaine de la gestion de crise

Les considérations précédentes concernent les contextes collaboratifs en général, sans distinction de domaine métier. La *gestion de crise* constitue un terrain d'application particulièrement représentatif des caractéristiques des situations collaboratives et de leurs exigences. Les spécificités de la collaboration s'y trouvent exacerbées par la dynamique et les enjeux concernés. Ainsi, si l'on se réfère au cadre de caractérisation des situations collaboratives présenté en section 2 (figure 1.4) on peut rappeler que les tendances d'évolution peuvent être résumées au travers de la formule: *plus vite, plus fréquemment, plus loin, plus fort*. Pour ce qui concerne la gestion de crise, la *vitesse d'établissement* et la *qualité* de la collaboration se trouvent encore plus critiques, comme le présente la figure suivante :

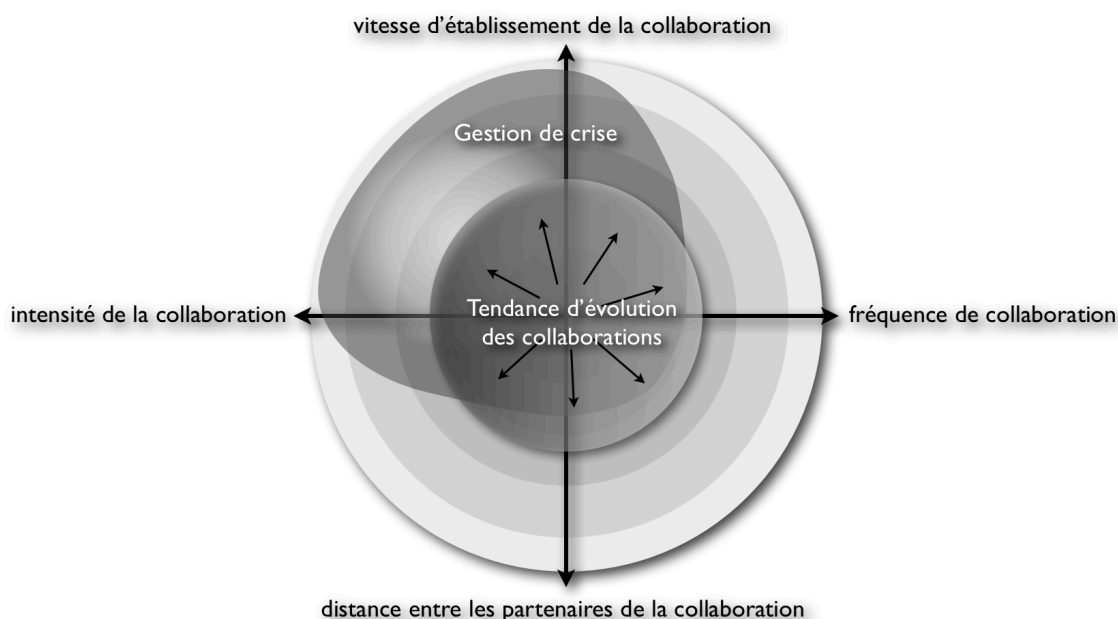


Figure 1.16 La gestion de crise dans le référentiel de caractérisation des collaborations

Par ailleurs, une autre composante spécifique des situations de crise concerne l'instabilité intrinsèque de ce type de contexte. Une situation de crise est par définition soumise aux imprécisions et aux évolutions. L'agilité (telle qu'étudiée et décrite en section 7) constitue indéniablement une composante majeure et incontournable de la gestion de crise en tant que terrain d'application. En effet, les trois types d'évolutions introduits lors de la section précédente (évolution du contexte, du réseau ou de dysfonctionnement) trouvent clairement matière à concrétisation dans le domaine de la gestion des crises. Ces caractéristiques nécessitent donc de s'intéresser plus spécifiquement à ce domaine.

La gestion des crises peut être abordée selon trois dimensions qui répondent globalement aux trois questions : *Quoi ?* (Quels sont les niveaux de gestion ?), *Quand ?* (Quelles en sont les différentes phases ?) et *Où ?* (Quels sont les espaces concernés).

Pour la première dimension (celle du *Quoi*, qui peut être désignée sous l'appellation **management**), il est raisonnable de s'inspirer du management industriel et de la norme ISO 9001-2000 (comme évoqué en section 1) qui préconise la structuration du comportement des organisations selon les trois niveaux *décisionnel*, *opérationnel* et *support*. Néanmoins, cette dimension peut paraître contestable dans la mesure où le domaine de la gestion de crise présente la spécificité de l'urgence et de l'exacerbation de la contrainte temporelle au point que l'on puisse envisager que, cette gestion pourrait précisément s'affranchir de ce clivage procédurier au point de trouver justement son salut dans la remise en cause de cette répartition. Pour autant, on peut tout d'abord souligner le fait qu'aujourd'hui la plupart des *organisations* (mêmes militaires ou humanitaires) se structurent selon ces trois niveaux. Qui plus est, c'est aussi un parti pris que de supposer, quitte à les imbriquer en termes d'influences et d'échanges, que ces trois niveaux demeurent une juste façon d'aborder et de structurer l'étendue des activités à mener.

Pour la deuxième dimension (celle du *Quand*, qui peut être désignée sous l'appellation **cycle de vie**), il existe une littérature abondante proposant différentes étapes de la gestion de crise. De façon

presqu'unanime (Beamon *et al.*, 2004), (Altay *et al.*, 2005), (Van Wassenhove, 2005) et (Tomasini *et al.*, 2009), les quatre phases suivantes constituent la référence :

1. **Prévention** (amélioration de la robustesse du système) : Cette première phase relève du traitement des vulnérabilités du système ou de l'organisation par une gestion des risques et une analyse des menaces potentielles (il s'agit d'éviter que la crise ne se produise).
2. **Préparation** (organisation du système par rapports aux événements attendus) : Cette phase consiste, sur la base des retours d'expérience et des analyses des événements survenus, à développer de nouveaux processus de réponse spécifiquement dédiés et à mettre en place l'organisation et les infrastructures qui en permettront la mise en œuvre (il s'agit de consolider le système face à la survenue éventuelle d'une crise).
3. **Réponse** (pilotage du système dans le contexte exceptionnel rencontré) : Cette phase consiste, suite à l'occurrence d'une crise, à mettre en place et à conduire les processus de réponse (potentiellement évolutifs) faisant appel aux éléments définis lors de l'étape précédente.
4. **Rétablissement** (stabilisation d'un état acceptable et acquisition d'expérience) : Cette phase consiste à gérer efficacement la transition vers le retour à la normale en assurant en particulier toutes les activités à long terme qui doivent être prises en charge une fois que l'essentiel de la criticité a été réduit.

Enfin, pour la troisième dimension (celle du *Où*, qui peut être désignée sous l'appellation **localisation**), la gestion de situation de crise s'articule assez clairement entre le (ou les) le(s) site(s) de la crise elle-même et la (ou les) cellule(s) de crise. Le théâtre de la situation de crise correspond à la sous-partie du monde impactée par la situation (avec tout ce qu'il comporte de populations, de biens, de sites naturels, d'enjeux, de média, de secouristes, etc.). Les intervenants sur le théâtre de l'événement, déroulent leurs procédures métiers, en relation avec les besoins de la situation et les directives émanant de la cellule de crise. Une cellule de crise regroupe, selon la nature et la gravité de la crise, un certain nombre de décideurs (préfet par exemple), et/ou d'experts (scientifiques, médecins, etc.) et/ou de représentants des intervenants déployés sur le théâtre (officiers de liaison, relais des pompiers, du SAMU, etc.) et/ou des représentants des organisations privées impliquées dans la crise (industriels impactés). Cette assemblée doit définir la réponse collective la plus appropriée et en assurer la conduite en prenant en charge la « descente » de consignes et la « remontée » de rapports vis-à-vis du terrain. S'il est clair que les opérationnels sur le terrain maîtrisent leurs procédures métiers (et qu'il est par conséquent inconcevable d'envisager leur expliquer comment ils doivent procéder pour exécuter les ordres reçus), il n'en demeure pas moins que la coordination de l'ensemble de ces opérationnels est un enjeu critique qui doit être assumé par la (ou les) cellule(s) de crise. Ainsi, cette troisième dimension peut être discrétisée selon les trois niveaux suivants :

- Le niveau **cellule de crise** qui concerne les actions et échanges au sein d'une cellule de crise ou entre des cellules de crise.
- Le niveau **interactions cellule de crise / théâtre** qui concerne les modes d'échange, les communications et la continuité assurée entre la cellule de crise et le terrain.
- Le niveau **théâtre** qui concerne les actions et échanges qui ont lieu entre les intervenants opérationnels sur le terrain.

En conséquence, le référentiel suivant peut être proposé pour caractériser le domaine de la gestion de crise (figure 1.17) :

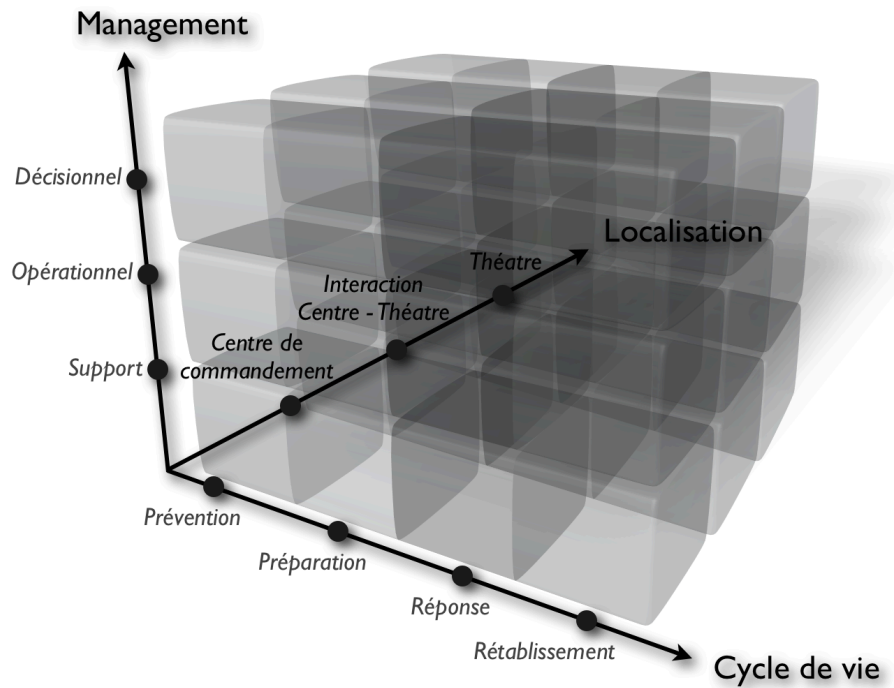


Figure 1.17 Référentiel de gestion de crise

Finalement, le fait que le domaine de la gestion de crise constitue une exacerbation des tendances collaboratives inter-organisationnelles générales tout autant qu'un champ d'application à part entière, avec ses spécificités et son authenticité, permet de le considérer comme un contexte de mise en œuvre passionnant et légitime pour les résultats et travaux sur le domaine de la collaboration. La deuxième partie de ce document, consacrée à la « résolution » reviendra donc en partie sur les avancées proposées dans ce domaine particulier mais représentatif.

IX. Conclusion concernant le problématique

Les différentes sections précédentes ont présenté une succession de raffinements appliqués à la problématique initiale suivante :

Form0 : Comment permettre aux organisations de saisir efficacement les opportunités de collaboration qui se présentent à elles ?

Bien loin d'en réduire le champ, cette étude a permis de réaliser une résolution incrémentale de la problématique générale, destinée à en construire une vision plus précise, présentée selon ses « composantes principales » (à savoir les sections précédentes de cette première partie). La question du support de la collaboration d'organisations a donc été décomposée selon les dimensions suivantes : *organisationnelle, structurelle, architecturale, technologique, méthodologique, outillage et comportementale*. Cette décomposition descriptive et analytique a permis d'affiner la compréhension de la problématique tout en faisant émerger des pistes de traitement ou des principes de résolution. La perception finale de cette problématique a abouti à la formulation finale suivante :

Form1.7 : Comment mener une démarche BPM, supportée par une approche IDM, pour construire un SIM capable de mettre en œuvre des mécanismes d'agilité efficaces, reposant sur le paradigme SOA et implémenté à l'aide d'un ESB, entre les SI des organisations ?

Par ailleurs, on peut également se référer aux critères de Maier (Maier, 1998) concernant les systèmes de systèmes (SdS) afin de montrer que l'objet d'étude concerne les systèmes de systèmes :

1. Indépendance opérationnelle des éléments composants le SdS
2. Indépendance managériale des éléments composants le SdS
3. Développement évolutif du SdS
4. Comportement émergent du SdS
5. Distribution géographique de éléments composants le SdS

On peut alors aisément constater que le contexte évoqué dans le cadre de la problématique de ces travaux fait référence aux opportunités de collaboration entre des organisations indépendantes, tant au niveau opérationnel (critère n°1) que managérial (critère n°2). Par ailleurs, les considérations relatives à la fluidité de l'environnement socio-économique et aux exigences d'agilité du médiateur mettent bien en évidence le potentiel d'évolutivité de la collaboration (critère n°3). La vision BPM, mise en évidence concernant la définition de la dynamique collaborative, souligne en outre la nature émergente du comportement collectif (critère n°4). Enfin, l'éloignement géographique des organisations partenaires de la collaboration a également été présenté comme une composante incontournable de la problématique abordée (critère n°5). Nous pouvons donc conclure que la vision de la collaboration d'organisations développée dans ce document présente toutes les caractéristiques spécifiques d'un système de systèmes (Luzeaux *et al.*, 2008) et pourrait être reformulée selon la proposition suivante :

Form1.8 : Comment mener une démarche BPM, supportée par une approche IDM, pour construire un SIM capable de mettre en œuvre des mécanismes d'agilité efficaces, reposant sur le paradigme SOA et implémenté à l'aide d'un ESB, afin de transformer l'ensemble des Systèmes d'Information des organisations potentiellement partenaires en un Système de Systèmes d'Information interopérables ?

Dans la suite de ce document, nous allons donc nous intéresser à la résolution de la problématique telle que présentée au travers de la formulation form1.7 (équivalente à la formulation Form1.8). Le traitement de ces sujets a en effet donné lieu au démarrage (en 2004) du projet interne *MISE* (pour *Mediation Information Système Engineering* ou *Ingénierie de Système d'Information de Médiation*) qui va être l'objet principal de la deuxième partie de ce document. Il est évident que l'étude préalable présentée lors de cette première partie participe grandement de cette résolution et va permettre de décrire la démarche *MISE* de manière beaucoup plus légitime et beaucoup plus cohérente.

Deuxième Partie : Traitement



Cette deuxième section présente la démarche MISE dans son ensemble en essayant en particulier de mettre en évidence les composantes de cette démarche directement héritées de la première partie et de la décantation de la problématique générale qui y est proposée. Ainsi, les différents filtres conceptuels appliqués en première partie ont permis de faire apparaître un certain nombre de pistes de solutions qui constituent les couches constitutives de la démarche MISE. A la suite du travail préliminaire réalisé en première partie de ce document, on peut décrire la démarche MISE selon la formulation suivante (dérivée de la formulation 1.7) :

Form2.1 : Approche IDM de construction d'une cartographie BPM destinée à permettre la définition et la construction d'un SIM agile, positionné entre les SI des organisations et en assurant l'interopérabilité, reposant sur le paradigme SOA et implémenté à l'aide d'un ESB.

Schématiquement, il s'agit de s'appuyer sur la batterie de résultats (théoriques ou pratiques) issus des considérations de la première partie pour formaliser le passage de *la volonté (ou la nécessité) de collaborer que peuvent avoir un réseau d'organisations au déploiement opérationnel et pérenne d'un SI de médiation capable de supporter efficacement cette collaboration*. On peut alors proposer une description superficielle mais structurante de la démarche MISE en cinq points :

- *Recueil de l'information et de la connaissance relative à la situation considérée* : principalement en terme de **contexte** (i.e. l'environnement dans lequel se positionne la collaboration), **d'objectifs** (i.e. la raison d'être et les motivations collectives du réseau d'organisations) et de **moyens** (i.e. les compétences et ressources que les partenaires potentiels sont disposés à partager).
- *Première transformation de modèles* : Sur cette base, elle adresse la problématique de **la découverte de la solution** (i.e., comment passer de la description d'un contexte, d'objectif et de moyens à une proposition de solution adaptée, réaliste et efficace ?).
- *Deuxième transformation de modèles* : A son tour, elle adresse quant à elle la problématique de **la concrétisation de la solution** (i.e. comment passer de la description d'une solution conceptuelle,

abstraite et orientée vers le seul domaine métier à sa formalisation en cohérence avec les exigences et les dispositions technologiques du contexte).

- *Extraction et formalisation* : Enfin, il s'agit d'adresser la problématique de **l'implémentation et de l'exécution de la solution** (i.e. comment passer de la description d'une solution cohérente techniquement à son informatisation opérationnelle et concrètement utilisable ?).
- *Gestion de l'agilité* : Par ailleurs, il ne faut pas oublier de rappeler que cette chaîne de déduction linéaire et descendante nécessite inévitablement une prise en charge efficace et outillée de l' incontournable **agilité** associée à cette démarche de support de l'interopérabilité de systèmes d'information hétérogène en contexte collaboratif.

La figure suivante positionne ces cinq points les uns par rapport aux autres afin de fournir la première « big picture » de la démarche MISE :

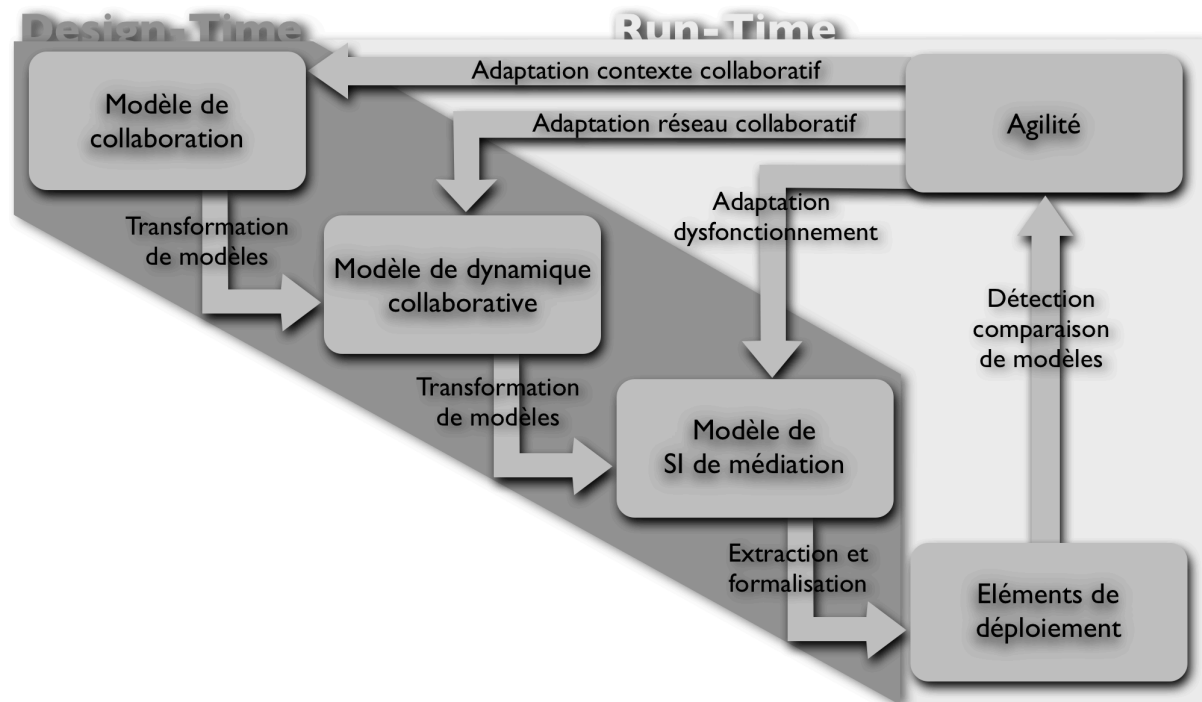


Figure 2.1 Vue d'ensemble de la démarche MISE

Sur le plan de l'ingénierie dirigée par les modèles, cette descente en abstraction permet, tout d'abord, de recueillir la connaissance relative à *une situation collaborative cible* (sous la forme d'un **modèle de collaboration**), puis de déduire des *modèles de processus collaboratifs* (i.e. le **modèle de dynamique collaborative** répondant à cette situation), ensuite d'obtenir la *description d'un ensemble de workflows collaboratifs exécutables* (i.e. le **modèle de SI de médiation** implémentant ces processus) enfin, d'extraire les *fichiers nécessaires à l'implémentation d'un système agile* (i.e. **les éléments de déploiements**). Concernant l'exécution des workflows ainsi obtenus, elle repose sur leur déploiement au sein d'un ESB et donc sur l'existence d'un moteur d'orchestration et de services informatiques, représentatifs des fonctions informatiques partagées par les partenaires. Si la caractérisation de la situation collaborative fait référence à des objectifs métier, il est clair que la description des workflows collaboratifs concerne quant à elle l'invocation de services informatiques chez les partenaires de la collaboration. La première *parenthèse IDM* peut donc être proposée selon la formulation suivante :

Parenthèse IDM : MISE repose sur deux transformations de modèles (constitutives de l'approche IDM globale) destinées, pour la première, à transformer un *modèle caractéristique de la situation collaborative visée* en un *modèle décrivant la dynamique comportementale collective* appropriée à cette situation (conforme à un métamodèle de dynamique collaborative), et pour la seconde, à transformer ce *modèle de dynamique comportementale collective* en un *modèle de SI de médiation* (conforme à un métamodèle d'architecture de médiation) duquel pourront être extraits les *éléments de déploiement* directement exploitables pour l'implémentation opérationnelle du SIM. MISE s'inscrit donc pleinement dans la philosophie *Model-Driven Interoperability (MDI)* décrite dans (Bourey et al., 2007).

La figure 2.2 reprend cette démarche IDM et la représente sous la forme d'un schéma en « doubleY » qui fait référence à la figure 1.13 relative à la vision MDA.

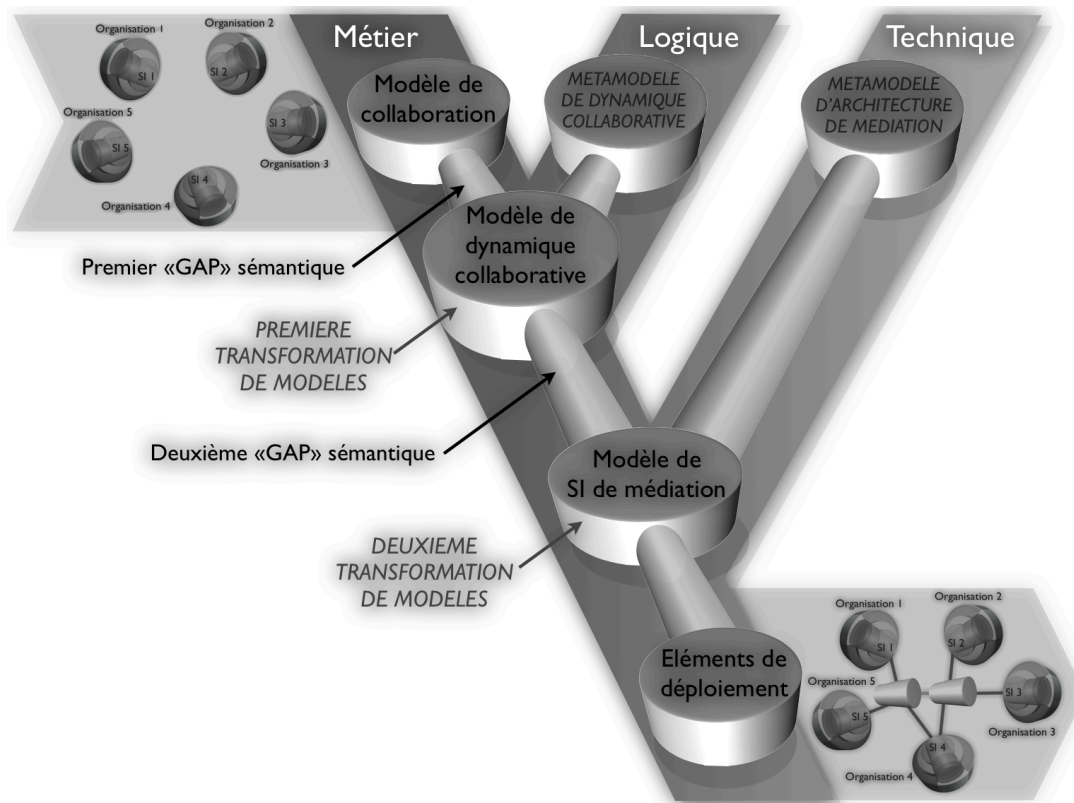


Figure 2.2 Vue IDM de la démarche MISE

Dans la suite de cette partie du document, une présentation de la façon dont le projet MISE s'est organisé, structurellement et chronologiquement (en explicitant en particulier la façon dont les différentes thèses et projets se sont articulés) est d'abord détaillée en première section afin de mettre l'accent sur les composantes « encadrement » et « gestion de projet ».

Par la suite, les sections suivantes se concentrent plutôt sur le contenu « scientifique et technique » du projet MISE en reprenant chacune des étapes constitutives de la démarche et en détaillant le contenu et les résultats obtenus à l'issue des différents travaux menés depuis huit ans :

- En s'appuyant sur les réflexions relatives à l'interopérabilité des systèmes d'information et à la médiation (discutées en première, deuxième et troisième sections de la première partie), la deuxième section présente les solutions proposées pour recueillir, formaliser et rendre exploitable la connaissance informelle relative aux situations collaboratives.
- La troisième section se focalise sur la génération de la dynamique comportementale en s'appuyant notamment sur les considérations relatives aux approches de type BPM (décrite en cinquième section de la première partie).
- Etayée par les réflexions relatives aux architectures orientées services (présentées en quatrième section de la première partie), la quatrième section introduit les mécanismes d'obtention de modèles de systèmes d'information de médiation.
- Enfin, s'appuyant à la fois sur les considérations relatives à l'infrastructure ESB (en quatrième section de la première partie) et sur les analyses proposées concernant la notion d'agilité (en septième section de la première partie), la cinquième section décrit à la fois le déploiement du MIS et la prise en charge de l'agilité de ce système d'information de médiation (*i.e.* tout le Run-Time).
- En outre, la sixième section, relative au cas particulier de la gestion des situations de crise, fait directement écho à la huitième section de la première partie.

I. Déroulement du projet MISE

Cette première section vise à décrire schématiquement la façon dont la problématique détaillée et décantée au long de la première partie a pu être étudiée et traitée depuis 2004 au travers du projet *MISE* (pour *Mediation Information Système Engineering*) ou *Ingénierie de Système d'Information de Médiation*. Ce projet se déroule selon plusieurs itérations dont le séquençement est présenté sur la figure 2.3. Cette figure propose un planning couvrant une dizaine d'années et les trois itérations passées ou en cours. Sur un plan très structurel, cette figure positionne sur le planning les deux piliers essentiels du projet MISE, à savoir, d'une part les différents travaux de doctorants qui composent le contenu scientifique du projet MISE et d'autre part les projets financés qui étayent cette dynamique tout au long de son déroulement.

La première itération (MISE 1.0) s'est appuyée sur les projets *ANR/RNTL/JOnES* (Java Open ESB) et *ANR/CSOSG/ISyCri* (Interopérabilité des Systèmes en situation de Crise) et s'est articulée autour des travaux de thèses de *Jihed Touzi*, *Vatcharaphun Rajsiri* et *Sébastien Truptil*. Cette première itération, initiée en septembre 2004 s'est terminée en janvier 2010 (Bénaben *et al.*, 2010).

La deuxième itération (MISE 2.0) s'est appuyée ou s'appuie sur les projets *FUI/ISTA3* (Interopérabilité de 3^{ème} génération des Sous-Traitants de l'Aéronautique), *EU/PLAY* (Pushing dynamic and ubiquitous interaction between services Leveraged in the Future Internet by APpLYing complex event processing) et *ANR/SocEDA* (Social Event-Driven Architecture) et s'articule autour des travaux de thèses de *Wenxin Mu*, *Nicolas Boissel-Dallier*, *Anne-Marie Barthe-Delanoë* et *Sarah Zribi*. Cette deuxième itération, initiée en septembre 2009 devrait se terminer en fin d'année 2013.

Enfin, la troisième itération (MISE 3.0) s'appuie, pour l'instant, sur les projets *PREDIT/GO2/SIM-PeTra* (Système d'Information de Médiation pour les Perturbations dans les Transports) et *FUI/OpenPaaS* (Open Platform As A Service). Cette troisième itération du projet, initiée en septembre 2011, est alimentée, à l'heure actuelle, par la thèse de *Guillaume Macé-Ramète*. Néanmoins, deux autres thèses (au moins) seront lancées dès septembre 2012 afin de participer à ce troisième volet du projet MISE.

Une description plus détaillée de ces projets et travaux de thèses est présentée en Annexe II.

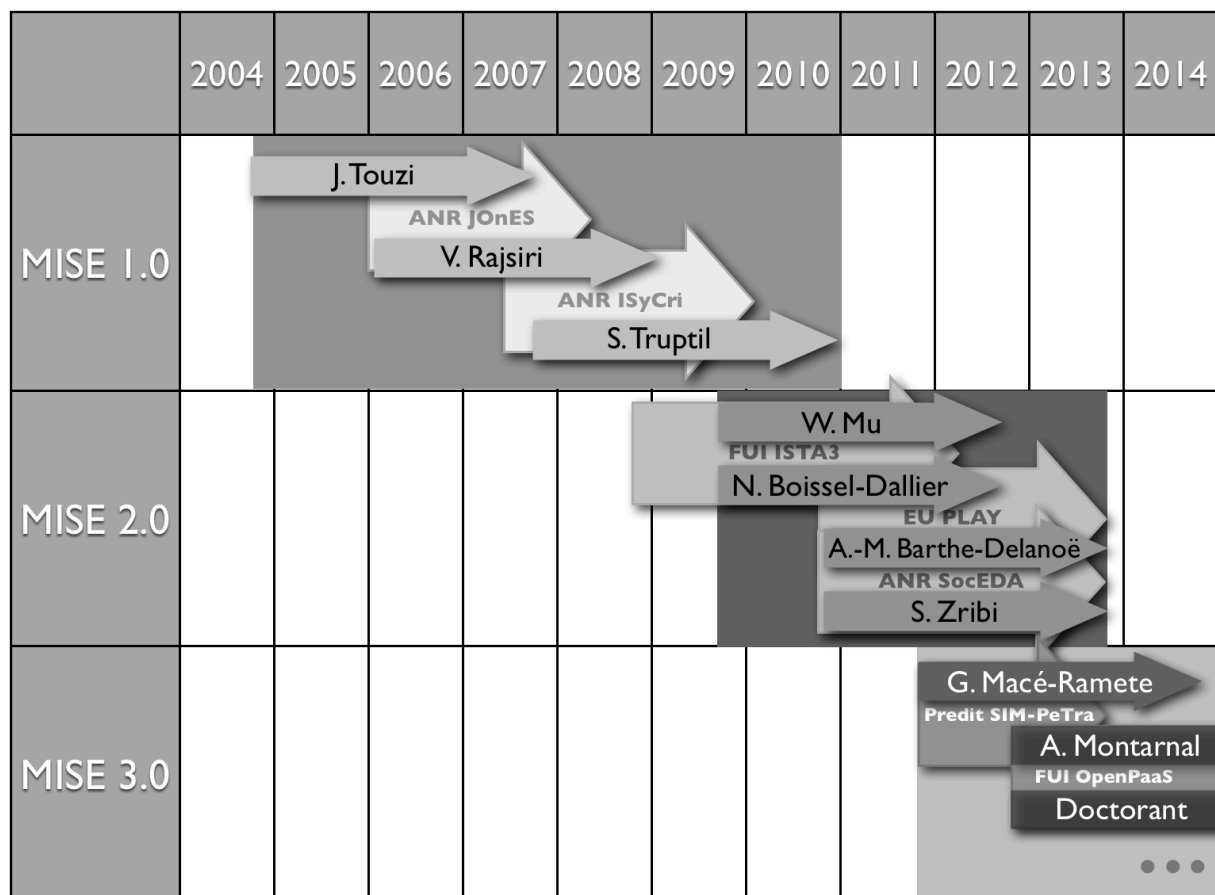


Figure 2.3 Séquençement et itérations du projet MISE

Tout au long de cette première section, l'ambition est de mettre en évidence la structuration du projet MISE et la logique de son agencement. Cette section joue donc un rôle particulier puisqu'il s'agit principalement de « raconter l'histoire » telle qu'elle s'est déroulée durant les huit dernières années. Si ce type de narration n'a que rarement sa place dans un mémoire d'habilitation à diriger les recherches, la très étroite connexion et les imbrications structurelles entre les différents travaux (thèses ou projets) qui composent MISE nous semblent devoir être mis en évidence le plus clairement possible ; ce qui légitime, dans ce cas particulier, ce type de récit. Afin d'étayer au mieux cet exposé, nous allons non seulement décrire la chronologie des événements tels qu'ils se sont déroulés, mais nous allons également présenter les raisonnements, les résultats et les communautés qui ont influencé les choix et les orientations tout au long du projet MISE. Les pages suivantes retracent donc, sous la forme d'une frise chronologique, les huit premières années du projet MISE (entre 2004 et 2012) en termes de communications, de publication, de travaux de thèses, de projets financés et de pilotage général du projet.

Période	Thèses MISE	Projets financés	Production scientifique
Courant 2004	Point de départ : Positionnement dans la continuité des travaux de F. DARRAS sur l'alignement de modèle d'entreprise et SI. Découverte de la communauté gravitant autour de InterOp-NoE (<i>EU/FP6</i>). Définition d'une thématique interne « Modélisation d'entreprise / Système d'Information / Collaboration » et de deux sujets de thèses sur « interopérabilité et MDA » : (i) transition CIM-PIM, (ii) transition PIM-PSM.		
09-2004	Démarrage thèse J. TOUZI : Transformation d'un modèle CIM de processus collaboratif en un modèle PIM de SI de médiation SOA (<i>orientation influencée par les échanges avec EBM WebSourcing</i>)		
02-2005			I-ESA 2005 (InterOp) : Un article sur la thèse de TOUZI (<i>Genève</i>)
Courant 2005	Constats : (i) Restriction du type de CIM utilisable par TOUZI et (ii) on s'oriente vers une solution SOA Conséquences : (i) Définition d'un sujet de thèse préalable et (ii) dépôt du projet JOnES (<i>ANR/RNTL</i>)		
12-2005		Démarrage JOnES : Définition d'un ESB (technologie implémentant le paradigme SOA)	
01-2006	Démarrage thèse V. RAJSIRI : Transformation d'un modèle de situation collaborative en un modèle de processus collaboratif (compatible avec TOUZI)		
Courant 2006	Constat : Question de la prise en charge de l'agilité (démarche TOUZI-RAJSIRI très linéaire) Conséquence : Dépôt du projet ISyCri sur le domaine de la gestion de crise (<i>ANR/CSOSG</i>) intégrant une thèse		
03-2006			I-ESA 2006 : Un article sur la thèse de TOUZI (<i>Bordeaux</i>)
05-2006			INCOM 2006 : Un article sur la thèse de TOUZI (<i>Saint-Etienne</i>) – BEST PAPER AWARD
03-2007			I-ESA 2007 : Un article sur la thèse de RAJSIRI (<i>Madère</i>)
04-2007	Opportunité : Participation à l'InterOp VLab (association à but non lucratif), laboratoire virtuel émanant de la communauté InterOp par le biais d'une adhésion au pôle Grand Sud-Ouest (<i>PGSO</i>) de l'InterOp VLab		
05-2007		Démarrage ISyCri : Définition d'une démarche d'interopérabilité en gestion de crise	
06-2007			IESM 2007 : Un article sur la thèse de TOUZI (<i>Pékin</i>)
09-2007			Pro-VE 2007 : Un article sur la thèse de RAJSIRI (<i>Guimarães</i>)
10-2007	Démarrage thèse S. TRUPTIL : Adaptation des travaux de TOUZI et RAJSIRI en contexte de gestion de crise et gestion du déploiement et de l'agilité du SI de médiation		
11-2007	Soutenance thèse J. TOUZI		
03-2008			I-ESA 2008 : Trois articles sur les thèses de TOUZI, RAJSIRI et TRUPTIL (<i>Berlin</i>)
05-2008		Clôture JOnES : Revue finale à Grenoble	ISCRAM 2008 : Un article sur le projet ISyCri (<i>Washington</i>)
07-2008			IFAC WC 2008 : Deux articles sur les thèses de RAJSIRI, TRUPTIL (<i>Séoul</i>)
Courant 2008	Opportunité : Participation au montage du projet ISTA3 (<i>FUI</i>) dans lequel une partie des résultats de MISE peuvent être évalués et améliorés dans un contexte applicatif de sous-traitance aéronautique		

Période	Thèses MISE	Projets financés	Production scientifique
09-2008			Pro-VE 2008 : Un article sur la thèse de RAJSIRI (<i>Poznan</i>)
10-2008		Démarrage ISTA3 : Définition d'une démarche d'interopérabilité par transformation de modèles entre sous-traitants de l'aéronautique	
03-2009	Soutenance thèse V. RAJSIRI		
04-2009			I-ESA 2009 : Un article sur la thèse de RAJSIRI (<i>Pékin</i>)
05-2009			ISCRAM 2009 : Une session spéciale et un article sur la thèse de TRUPTIL (<i>Göteborg</i>)
Courant 2009			Int. Journal of Prod. Eco. : Un article sur la thèse de TOUZI
Courant 2009	<p>Constats : Fin d'un cycle MISE et émergence de perspectives au travers de trois sujets : (i) une cartographie structurée de processus au lieu d'un unique processus collaboratif, (ii) automatisation de la réconciliation des services et des données et (iii) prise en charge automatisée de la détection en plus de l'adaptation (agilité)</p> <p>Conséquences : Apparition d'une vision MISE 2.0 et définition de deux thèses dédiées aux sujets (i) et (ii). Définition d'un sujet de thèse complémentaire sur les Event-Driven Architecture (EDA) pour la question (iii). Participation au dépôt du projet SocEDA (<i>ANR/Arpege</i>) et du projet PLAY (<i>EU/ICT</i>), intégrant une thèse et dédiés aux technologies EDA et en particulier à leur application en contexte de crise.</p>		
	Démarrage thèse W. MU : Transformation d'un modèle de situation collaborative en un modèle de cartographie de processus collaboratifs (annotés sémantiquement)		
	Démarrage thèse N. BOISSEL : Transformation d'un modèle de situation collaborative en un modèle de cartographie de processus collaboratifs (annotés sémantiquement)		
01-2010		Clôture ISyCri : Revue finale à Colombes	
03-2010	Opportunité : Responsabilité de la <i>commission crise</i> du PGSO et du TG2 <i>Crisis Management</i> de l'InterOp VLab		
04-2010			I-ESA 2010 : Trois articles sur les thèses de TRUPTIL, MU et BOISSEL (<i>Coventry</i>)
04-2010			IEEE DEST 2010 : Deux articles sur la thèse de TRUPTIL et sur MISE 1.0 (Dubai) – BEST PAPER AWARD
Courant 2010			Computers In Industry : Un article sur la thèse de RAJSIRI
Courant 2010	<p>Constat : Absence de prise en compte des exigences non-fonctionnelles (qualité, performance, sécurité, etc.)</p> <p>Conséquence : Ajout de cet objectif à l'itération MISE 2.0 et définition d'un sujet de thèse dédié</p>		
10-2010	Démarrage thèse A.-M. BARTHE : Prise en charge de l'agilité du MIS via une approche de gestion des événements	Démarrage PLAY : Définition d'une plateforme de gestion des événements (SOA/EDA)	Pro-VE 2010 : Deux articles sur les thèses de TRUPTIL et BOISSEL (<i>Saint-Etienne</i>)
10-2010	Démarrage thèse S. ZRIBI : Prise en compte des exigences non-fonctionnelles (en réconciliation)	Démarrage SocEDA : Définition d'une infrastructure <i>Cloud</i> EDA	
Début 2011	<p>Constat : Volonté d'intégrer l'aide à la décision (envisagée dans ISyCri) dans MISE</p> <p>Conséquence : Rapprochement avec l'équipe <i>Logistique</i> du centre GI, définition conjointe de MISE 3.0 et dépôt du projet SIM-PeTra (<i>PREDIT/GO2</i>) intégrant une thèse</p>		
01-2011	Soutenance thèse S. TRUPTIL	Clôture ISTA3 : Revue finale à Toulouse	
03-2011			IWEI 2011 (InterOp) : Deux articles sur les thèses de BOISSEL et BARTHE (<i>Stockholm</i>)
05-2011			ISCRAM 2011 : Un article sur la thèse de BARTHE (<i>Lisbonne</i>)
10-2011	Démarrage thèse G. MACÉ RAMÈTE : Adaptation des travaux de MU, BOISSEL et BARTHE à la gestion de crise routière	Démarrage SIM-PeTra : Définition d'un environnement de gestion de crise routière	
Fin 2011	<p>Constat : Volonté d'un déploiement <i>Cloud</i> de toute la démarche MISE 3.0</p> <p>Conséquence : Participation au dépôt du projet OpenPaaS (<i>FUI</i>)</p>		

Période	Thèses MISE	Projets financés	Production scientifique
Début 2012			Int. Journal of Comp. Int. Man. : Un article sur la thèse de BOISSEL
03-2012			I-ESA 2012 : Un workshop et six articles sur les thèses de ZRIBI, MACÉ RAMÈTE et sur les projets ISyCri, PLAY et SocEDA (<i>Valence</i>)
03-2012			I-ESA 2012 : Décision de la tenue de I-ESA 2014 à Albi
05-2012			ISCRAM 2012 : Une session spéciale et un article sur la thèse de BARTHE (Vancouver)
05-2012	Constat : Nécessité d'investir les couches technologiques support de MISE Conséquence : Définition d'une thèse sur l'ingénierie dirigée par les modèles et sur un atelier logiciel dédié		
06-2012		Démarrage d'OpenPaaS : Définition d'une plateforme Cloud de support des collaborations d'organisations	IEEE DEST 2012 : Une session et deux articles sur la thèse de MACÉ RAMÈTE et sur le projet PLAY (Campioni d'Italia)
06-2012	Opportunité : Restructuration du centre GI et rapprochement officiel de l'équipe <i>MISE</i> avec l'équipe <i>Logistique</i> autour de la thématique commune MISE 3.0		
08-2012	Communication : Ouverture du site web dédié au projet MISE et à l'ensemble de ces composantes (acteurs, thèses, projets). Ce site donne en particulier accès à des vidéos, des descriptifs et des articles scientifiques.		
09-2012	Démarrage thèse A. MONTARNAL : Etude d'une plateforme Cloud de définition de modèles de comportements collaboratifs		Pro-VE 2012 : Un article sur MISE 3.0 (Bournemouth)
10-2012	Démarrage thèse d'un candidat à recruter : Etude des transformations de modèles et définition d'un atelier générique d'ingénierie dirigée par les modèles		
Fin 2012	Soutenance thèse N. BOISSEL		
Fin 2012	Soutenance thèse W. MU		

Tableau 2.1 Description chronologique détaillée du projet MISE

L'un des objectifs de la description précédente est aussi de permettre l'extraction de plusieurs traits caractéristiques du projet MISE afin de mettre en évidence les spécificités de sa gestion et de son déroulement :

- Un premier élément notable concerne le caractère très prédéterminé du projet dans sa globalité. S'il est clair que les nuances des différentes itérations et même l'orientation vers le domaine de la gestion de crise ne sont apparues qu'en cours de projet, il n'en demeure pas moins que dès 2004, les grandes lignes et l'architecture générale du projet MISE étaient tracées. L'objectif général de construction d'un système d'information inter-acteurs (qui ne s'appelait pas encore « médiateur »), la structure IDM et les niveaux d'abstraction associés étaient clairement identifiés. Deux sujets de thèses étaient définis : le premier sur le passage du CIM au PIM est devenu, tel quel, celui de J. Touzi, le deuxième concernant la transition du PIM au PSM est devenu celui de S. Truptil (non sans lui avoir associé la problématique de l'agilité en gestion de crise). Le sujet de thèse de V. Rajsiri sur la construction du CIM est venu s'intercaler face au constat de ne pas pouvoir raisonnablement attendre d'un consortium de partenaires potentiels qu'ils définissent efficacement (et surtout en respectant exactement le formalisme nécessaire aux travaux de J. Touzi) le modèle de comportement collaboratif associé à leur collaboration.
- Une deuxième caractéristique du projet MISE et de son pilotage concerne la complémentarité et l'imbrication très étroite des briques constitutives que sont les thèses Il est important de noter que chaque sujet est un composant à part entière d'une itération du projet MISE, qu'à ce titre, il se doit de prendre en compte les travaux et les itérations déjà réalisés et il doit fournir un résultat exploitable pour les travaux ultérieurs. Il est clair que cette approche, qui confère un caractère de « maillon critique » à chaque thèse, prive la globalité du projet de certains « errements » qui pourraient enrichir le cadre général mais dans le même temps, le rendement s'en trouve renforcé. Compte-tenu de la dimension très modeste de l'équipe concernée, c'est cette caractéristique d'amélioration de l'efficacité globale qui a été privilégiée. La figure 2.4 illustre cette répartition des thèses vis-à-vis de la structure générale de MISE (comme exposée en figure 2.1) :

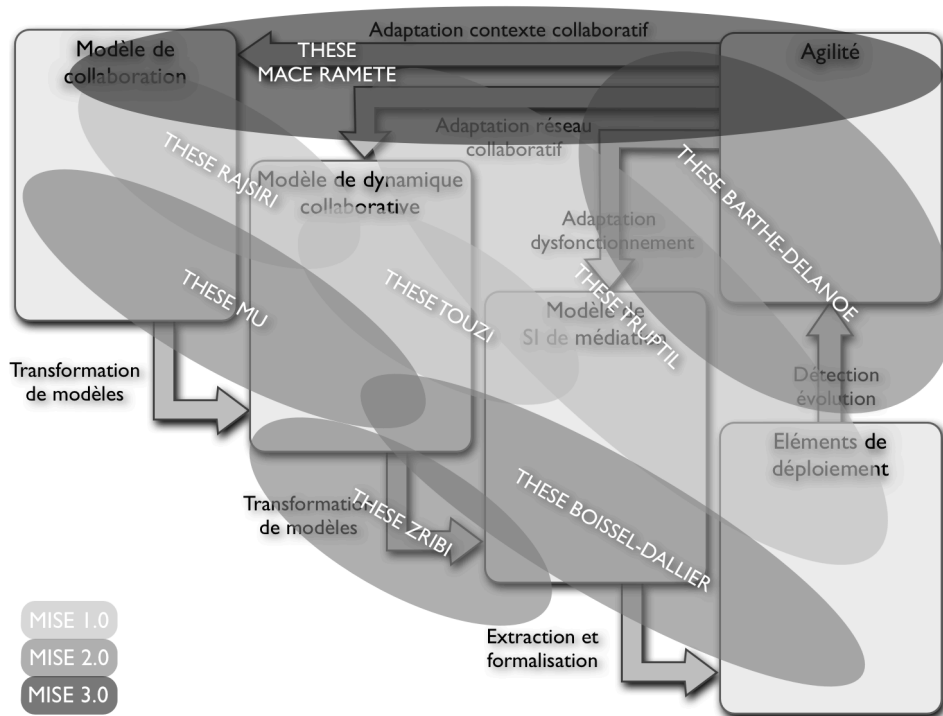


Figure 2.4 Positionnement des thèses vis-à-vis du projet MISE et de ses itérations

- Après l'imbrication des thèses, un troisième trait significatif relève de la complémentarité des projets financés. Il n'existe pas de projet (depuis le projet JOnES en 2005 jusqu'au projet OpenPaaS en 2012) qui ne contribue pas concrètement et spécifiquement à l'une des itérations du projet cadre MISE. Globalement, on peut constater que certains projets ont vocation à couvrir l'intégralité du cycle MISE qu'ils instancient dans un contexte précis alors que d'autres projets se focalisent sur une portion du cycle qu'ils étudient, explorent et auquel ils tentent d'apporter une solution. On trouve ainsi des projets « de construction » (JOnES, PLAY, SocEDA, OpenPaaS) et des projets « d'illustration » (ISyCri, ISTA3, SIM-PeTra). La figure suivante illustre cette répartition des projets vis-à-vis du cycle MISE :

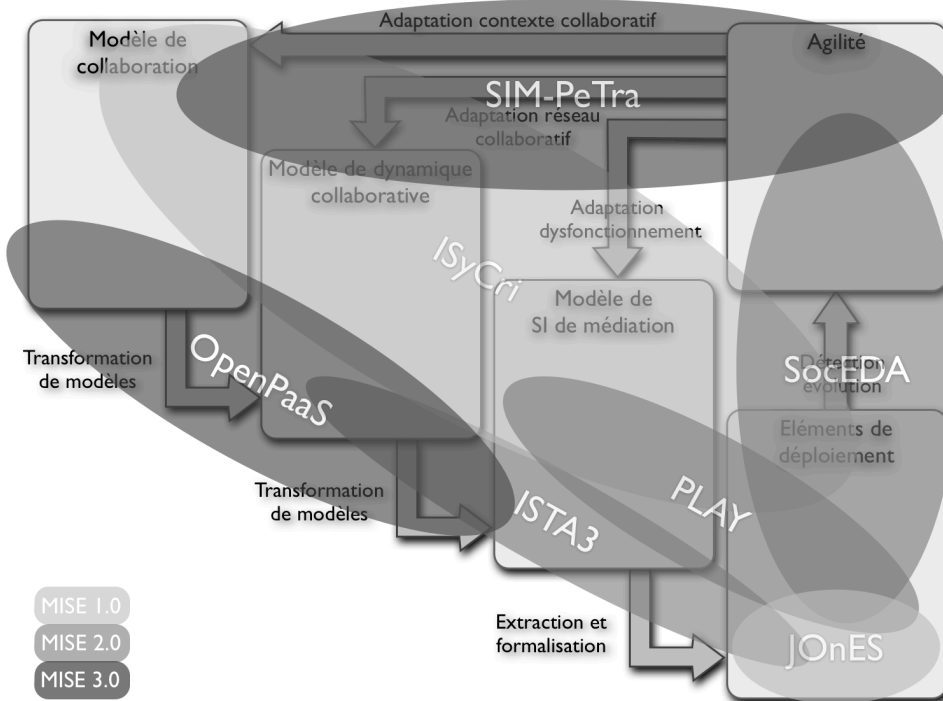


Figure 2.5 Positionnement des projets financés vis-à-vis du projet MISE et de ses itérations

- Le quatrième point remarquable concerne les développements de l'atelier logiciel MISE résultant des études et des travaux évoqués précédemment. Dès les premiers travaux, il a été décidé d'être productif en termes de démonstrateurs et de prototypes logiciels. Au-delà même de cette simple décision et de son application stricte, la question de la complémentarité des productions logiciels s'est vite révélée une préoccupation majeure. Il était indispensable que les outils de J. Touzi et de V. Rajsiri s'interfaçent opérationnellement afin que l'on puisse construire un modèle de processus collaboratif puis le transformer en un modèle de SI de médiation sans souffrir d'aucune transition technique laborieuse. La thèse de S. Truptil est encore venue renforcer ce principe puisque chaque composant logiciel (*i.e.* chaque prototype produit par les thèses précédentes) a été intégré sous forme de web service à un atelier MISE SOA afin d'être orchestré par un workflow de design-time. Finalement, en plus de la complémentarité scientifique, les travaux menés dans le cadre du projet MISE ont également assuré une complémentarité technique, contribuant chacun leur tour à l'amélioration d'un atelier logiciel MISE plus vaste ; Le choix d'une architecture orientée-services est pour beaucoup dans la faisabilité et dans la qualité de l'intégration de l'ensemble.
- La politique de communication et de dissémination constitue le sixième point caractéristique du projet MISE. Cette politique a très vite consisté en la recherche d'un compromis entre trois objectifs : (i) intégration et reconnaissance vis-à-vis de plusieurs communautés (ce qui explique en particulier la constance dans les communications vis-à-vis de I-ESA, ISCRAM, Pro-VE ou IEEE DEST), (ii) visibilité et reconnaissance individuelle des doctorants afin d'assurer leur intégration professionnelle et (iii) satisfaction « administrative » des critères de qualités de l'équipe (ce qui s'explique par l'exigence d'au moins une publication par doctorant dans une revue nationale ou internationale). Ce compromis se traduit finalement par une implication continue dans la communauté InterOp VLab, la présence quasi-systématique dans les conférences I-ESA, ISCRAM, Pro-VE, IEEE DEST et la production régulière d'articles dans des journaux nationaux ou internationaux. Enfin, notons une implication récente dans les communautés GDR MACS (et en particulier le groupe Easy-DIM) et GDR I3.
- Enfin, la septième et dernière caractéristique notable du projet MISE concerne la quasi-indépendance financière de son organisation. En effet, les projets financés et le montage de thèses CIFRE assurent au projet MISE un fonctionnement autonome. C'est une composante forte du projet qui, initié par un financement fourni par le Centre de Génie Industriel de l'Ecole des Mines d'Albi (en particulier pour la bourse de thèse de J. Touzi et pour ses diverses participations à des conférences) s'est ensuite déroulé en se basant sur des financements issus de subventions publiques (ANR, FUI, Europe, etc.) voire privées (thèses CIFRE).

A l'issue de cette narration introductive destinée à positionner le contexte non-scientifique et à expliciter le mode de fonctionnement, la suite de cette deuxième partie se focalise sur la description des différentes phases et couches qui composent scientifiquement le projet MISE : (i) Obtention du modèle de collaboration, (ii) obtention du modèle de dynamique collaborative, (iii) obtention du modèle de SI, (iv) déploiement et (v) agilité (les deux derniers points, correspondant au Run-Time, sont présentés dans la même section). Cette description prend en compte les apports des itérations successives MISE 1.0, MISE 2.0 et MISE 3.0.

II. Obtention du modèle de collaboration

L'enjeu de cette première étape est principalement de recueillir, de capitaliser et de rendre exploitable la connaissance relative à la collaboration-cible.

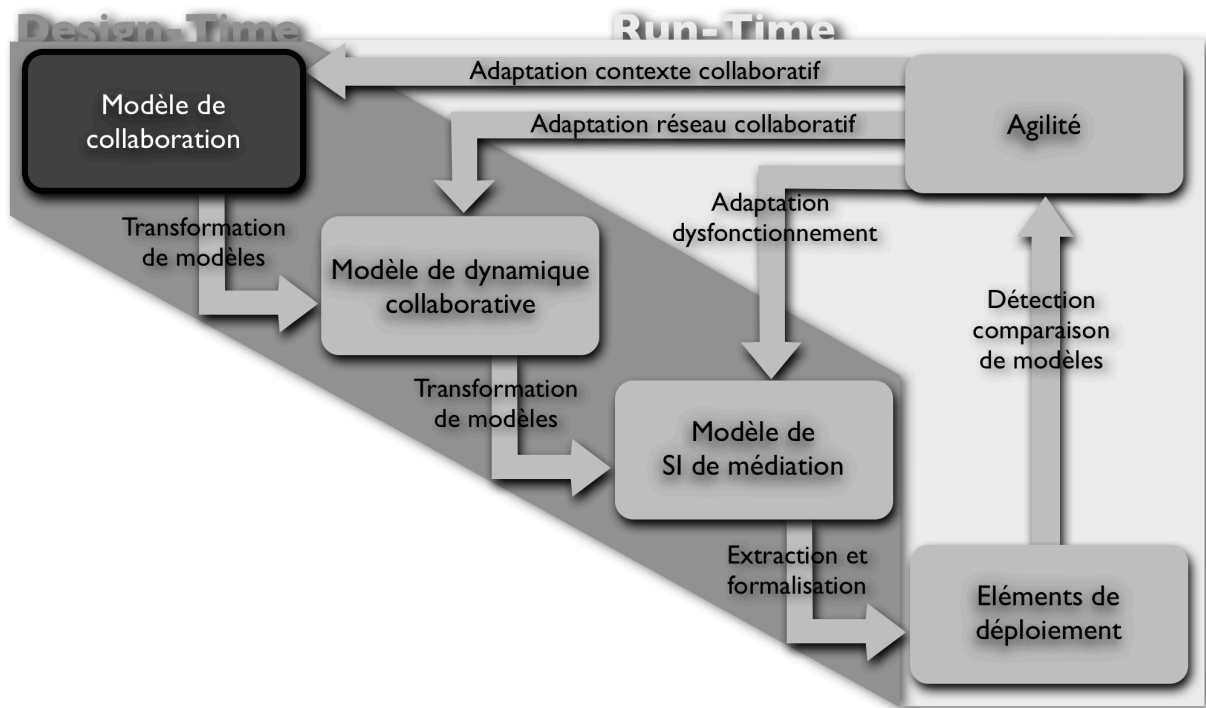


Figure 2.6 Positionnement de la section II.

La question inhérente à ce premier constat est la suivante : *comment récolter ce savoir ?* Il s'agit effectivement de disposer d'un « réceptacle » à la fois suffisamment ouvert (pour qu'il s'adapte à tout type de contexte collaboratif) et suffisamment porteur de sens (pour que le savoir récolté soit utilisable) afin d'y organiser l'information relative à la situation collaborative considérée. Dans le cadre de ces travaux et du projet MISE, nous proposons que ce « réceptacle » soit un *métamodèle*, intégrant les concepts généraux significatifs d'un contexte collaboratif et permettant, en les instanciant, de caractériser une situation spécifique. L'enjeu principal est d'utiliser ces instances pour peupler une *ontologie* collaborative structurée selon les concepts et les relations figurant dans le métamodèle, comme présentée sur la figure suivante :

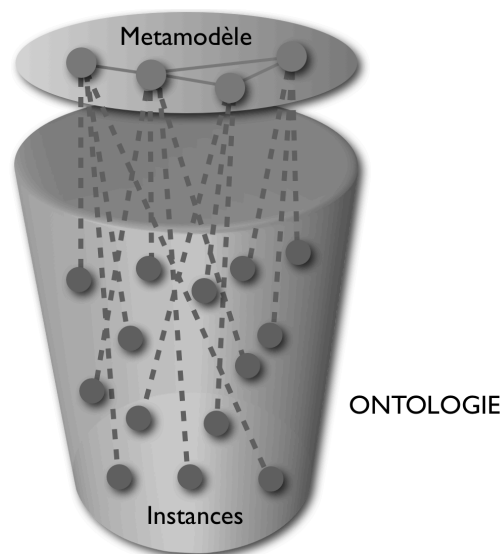


Figure 2.7 Une ontologie structurée selon un schéma issu d'un métamodèle.

L'étude théorique réalisée concernant la couverture conceptuelle assurée par ce métamodèle de collaboration fait apparaître trois divisions structurelles majeures :

- **Le contexte de la collaboration** : il s'agit essentiellement de l'environnement physique, économique et politique de la sous-partie du monde concernée par la collaboration. A titre d'exemple, on pourra s'intéresser à caractériser, en termes de biens, de populations mais aussi de dangers et de risques intrinsèques (zone sismique, instabilité politique, etc.) une zone géographique soumise à l'occurrence d'une catastrophe naturelle. De la même façon, le marché de la santé (ou de l'aéronautique, etc.) peut être caractérisé en termes d'opportunités, de menaces et de composantes spécifiques.
- **Les partenaires de la collaboration** : cette partie de la connaissance que doit embarquer le métamodèle de collaboration concerne essentiellement la partie « publique » des partenaires potentiels, à savoir les *informations* et les *compétences* qu'ils souhaitent partager dans le contexte de la collaboration considérée.
- **Les objectifs de la collaboration** : La mise en place d'une collaboration n'existe que pour répondre à une volonté ou une nécessité. De ce fait, les *objectifs collaboratifs* constituent une connaissance incontournable et critique pour construire de manière optimale les systèmes permettant le déploiement efficace de la situation collaborative.

Le métamodèle de situation collaborative doit donc assurer que chacune de ces trois divisions structurelles soit couverte efficacement par l'ensemble des concepts et relations qu'il propose. La construction d'un tel métamodèle au sein du projet MISE s'est articulée autour de trois étapes :

1. Définition, dans le cadre de MISE 1.0, d'un **métamodèle de collaboration « industriel »** (inspiré en particulier des concepts présents dans le MIT Process HandBook (Malone *et al.*, 1999) (Malone *et al.*, 2003), des résultats du projet ECOLEAD (ECOLEAD, 2008) et de (Camarinha-Matos *et al.*, 2005) et présenté en détails dans (Rajsiri, 2009). La figure suivante présente une version simplifiée (en particulier en termes de cardinalités) et structurée selon les trois volets « contexte », « partenaires » et « objectifs » de ce premier métamodèle.

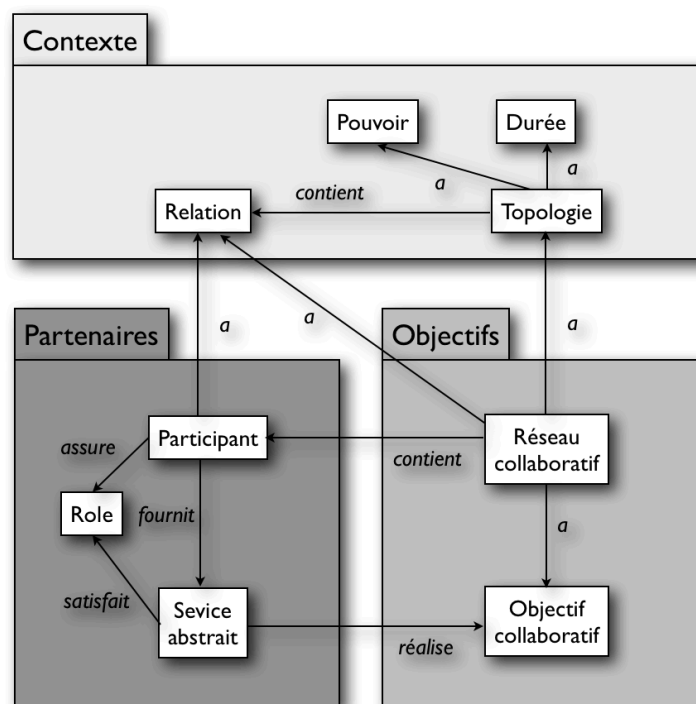


Figure 2.8 Métamodèle de collaboration issu des travaux de N. Rajsiri (Rajsiri, 2009).

Cette première ébauche de métamodèle collaboratif contient les concepts centraux nécessaires aux mécanismes de déduction. Le concept d'*objectif* est directement lié au concept de *service*, lequel est directement « accessible » via les *participants* et/ou leur(s) rôle(s), ou au concept de *réseau*, lequel est directement « accessible » via les *participants*. Il est important de noter que c'est dans ce sous-ensemble de cinq concepts (et des relations qui les relient) que repose l'essentiel de la caractérisation des situations collaboratives proposé au travers de MISE 1.0. Le schéma cognitif essentiel de notre approche se base sur

la chaîne : **Le réseau repose sur des objectifs qui peuvent être satisfaits par des services qui sont proposés par des partenaires.** La caractérisation du *contexte* est prévue dans ce métamodèle mais, même si les concepts inhérents au *contexte* sont reliés à ceux des packages *partenaires* et *objectifs*, nous verrons dans la section suivante qu'ils ne sont finalement pas directement exploités pour la construction du modèle de comportement collaboratif (Rajsiri, 2009).

2. Définition, toujours dans le cadre de MISE 1.0, d'un **métamodèle de collaboration en contexte de « gestion de crise »** (inspiré des travaux précédents et des études de cas développées dans le cadre du projet ISyCri) et présenté en détails dans (Truptil, 2010). La figure suivante présente une version simplifiée de ce deuxième métamodèle.

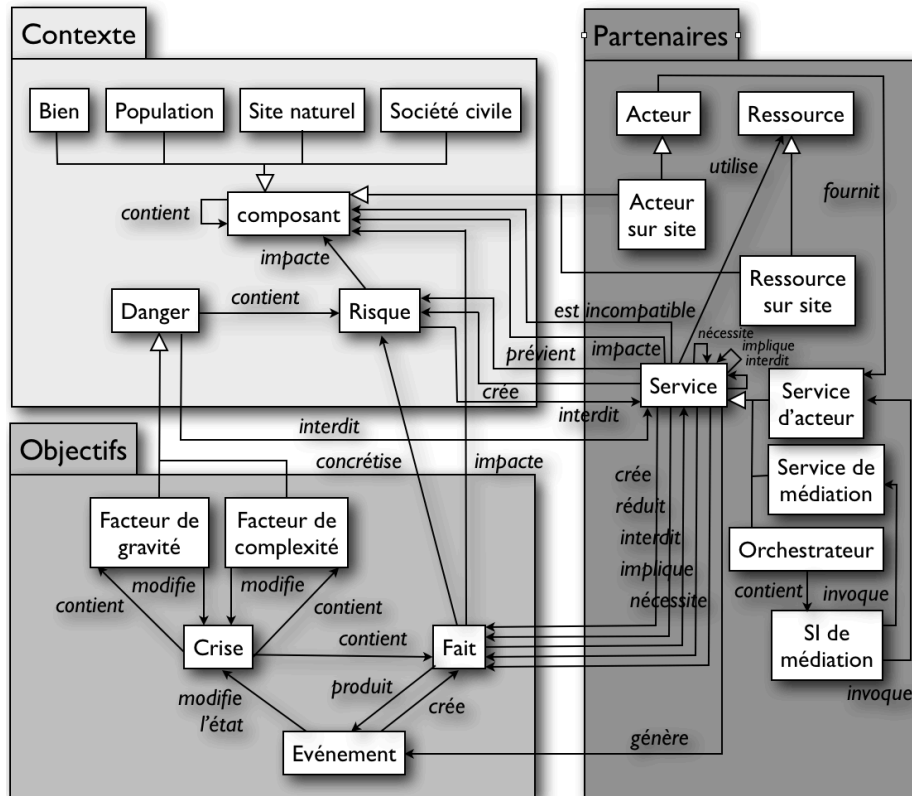


Figure 2.9 Métamodèle de collaboration en gestion de crise issu du projet ISyCri (Truptil et al., 2008).

Ce deuxième métamodèle de situation collaborative, spécifiquement dédié au domaine de la gestion de crise reprend clairement le chaînage sémantique : **les partenaires fournissent des services qui satisfont des objectifs** sous la forme : **les acteurs fournissent des services qui préviennent des risques ou réduisent des faits** (dans cette formulation, les *objectifs* sont décrits sous la forme de *risques* à prévenir ou de *faits* à résoudre). Dans ce deuxième métamodèle, le réceptacle cognitif, bien que spécifique à un domaine applicatif particulier (la gestion de crise), s'avère plus riche et plus diversifié. Les concepts dédiés à la caractérisation du contexte sont ainsi plus nombreux et plus richement reliés aux concepts centraux (en particulier au travers du concept de *composant*). Par ailleurs, deux concepts absents du premier métamodèle apparaissent : *ressources* et *événements*. Le premier est, entre autres, destiné à permettre de faire apparaître la notion d'*information* (qui n'apparaissait pas dans le premier métamodèle car les instances de *services* du MIT Process Handbook intègrent les informations associées). Le deuxième concept concerne à la fois le suivi (monitoring) de la dynamique collaborative et également la détection des évolutions significatives (adaptation) au travers des événements. Enfin, les relations complémentaires de « nécessité », « d'implication » ou « d'incompatibilité » ont été rajoutées entre les *services*, de même que les relations plus subtiles et plus nuancées entre les *services* et les *objectifs* (représentées par la prévention des *risques* ou la réduction des *faits*).

3. Définition, dans le cadre de MISE 2.0, d'un **métamodèle de collaboration convergent**, utilisable dans n'importe quel contexte collaboratif. Le principe général de cette troisième étape de construction d'un métamodèle de collaboration, concerne la définition d'une structure en couches organisée autour d'un noyau principal représentatif des concepts généraux de la collaboration.

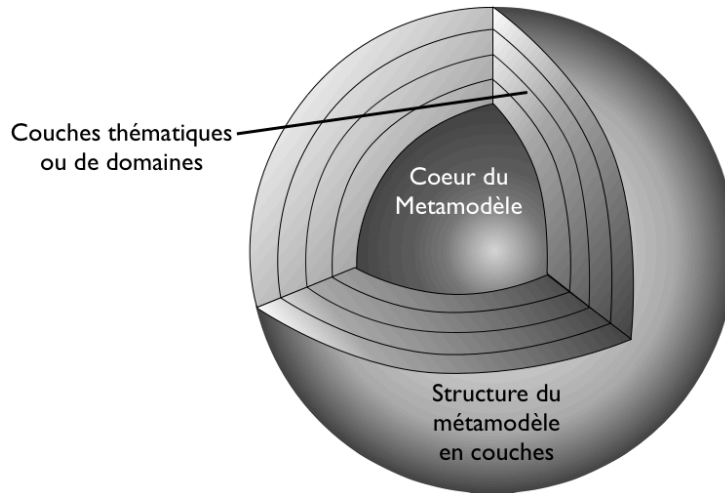


Figure 2.10 Structure du métamodèle de situation collaborative (Macé Ramète et al., 2012).

Le métamodèle s’articule donc autour d’un noyau central, regroupant les concepts généraux relatifs à la notion de collaboration d’organisations (*environnement, partenaire, objectif*, etc.). Ce noyau se veut inamovible et commun à toutes les situations de collaboration d’organisations. En revanche, les couches supérieures sont spécifiques à un domaine, voire un sous-domaine et de ce fait potentiellement interchangeables. Il s’agit principalement de définir pour un champ d’application donné les concepts spécifiques qui héritent des concepts généraux décrits au niveau du noyau. Après avoir conjointement abouti à la définition de ce noyau de métamodèle de collaboration, les travaux actuels (et en particulier les thèses de Wenxin Mu, Anne-Marie Barthe-Delanoë et Guillaume Macé Ramète) se concentrent spécifiquement sur ces couches : couche spécifique au domaine manufacturier, couche spécifique au domaine de la gestion de crise et surcouche spécifique au domaine de la gestion des situations de crise dans le secteur des transports routiers.

La figure suivante présente une version simplifiée de ce noyau caractéristique des situations collaboratives en général :

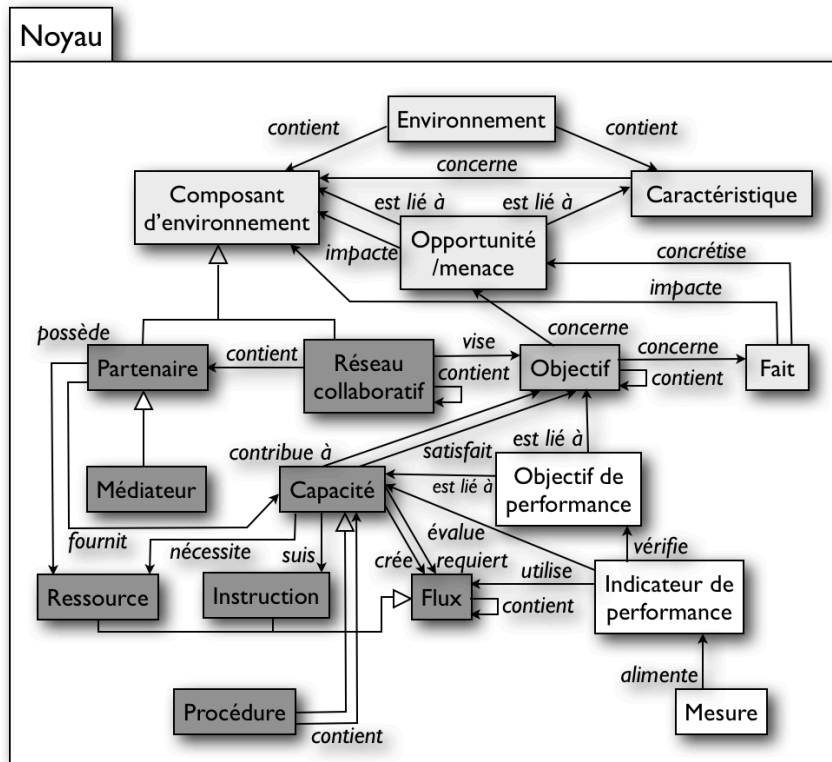


Figure 2.11 Le noyau du métamodèle de situation collaborative (Macé Ramète et al., 2012).

Ce troisième métamodèle poursuit la démarche initiée au travers des deux métamodèles précédents en conservant le schéma cognitif central qui associe *réseau*, *partenaire*, *objectif* et *service* (sous la forme de *capacité*). Les spécificités de ce métamodèle concernent d'une part l'introduction de concepts liés à la mesure de performance (*objectif de performance*, *indicateur de performance*, et *mesure*) et d'autre part une description plus fine de la notion de *service* sous la forme de *capacité*, caractérisée par ses *flux d'entrée*, ses *flux de sortie*, les *instructions* auxquelles elle répond et les *ressources* qu'elle utilise. Afin d'illustrer la structure en couches présentée en figure 2.10, la figure suivante présente le noyau précédent connecté à la première couche dédiée au domaine de la gestion de crise :

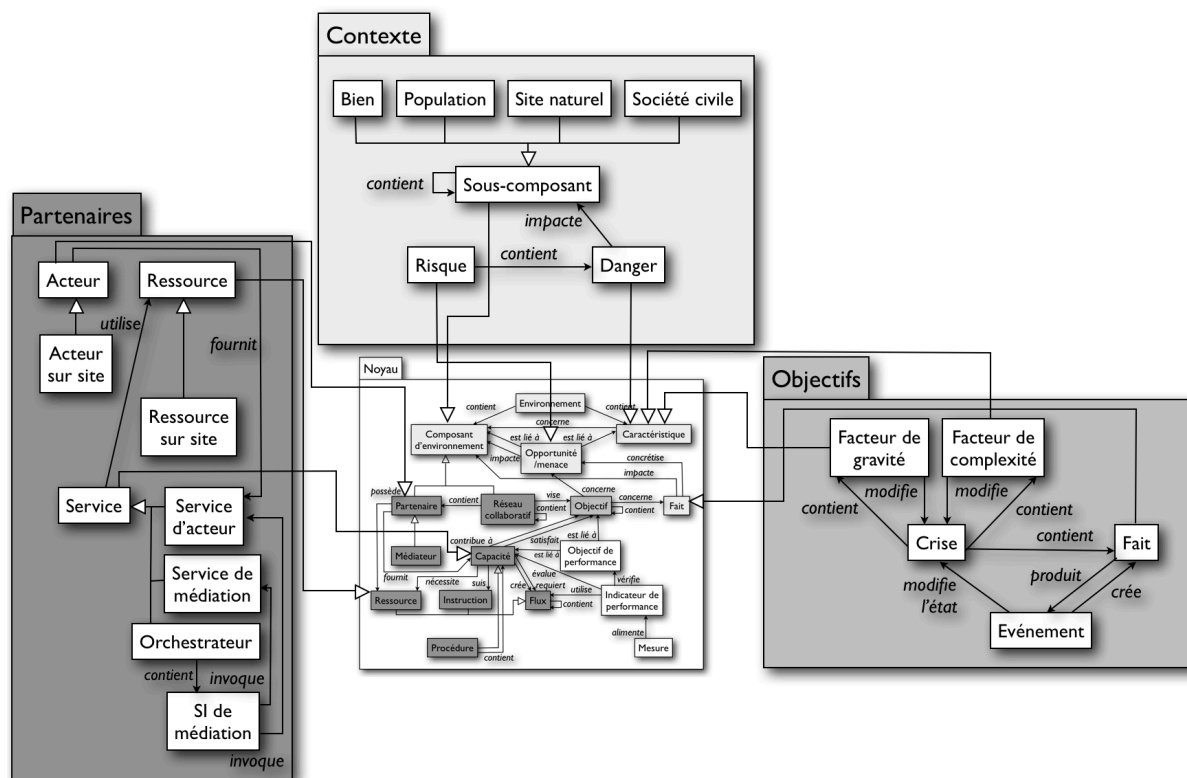


Figure 2.12 Noyau et première couche orientée gestion de crise du métamodèle.

Le métamodèle de collaboration finalement obtenu (et toutes ces évolutions futures potentielles) est donc un réceptacle structurant de la connaissance relative aux situations collaboratives qui doit être exploité selon deux usages distincts et cruciaux pour la suite de la démarche MISE :

- La création d'un éditeur de situations collaboratives permettant de caractériser toute situation collaborative selon les concepts inhérents au métamodèle (et plus précisément au contexte, aux objectifs et aux partenaires). Cette modélisation d'une situation collaborative par le biais de la création d'instances doit pouvoir s'opérer (via l'éditeur de situations collaboratives) quel que soit le domaine métier de la collaboration considérée. Compte-tenu de la structure en couches du métamodèle, il s'agit donc d'instancier, a minima, les concepts du cœur du métamodèle, et, autant que possible (*i.e.* en fonction de l'existence de couches relatives au domaine métier considéré) les concepts des couches supérieures afin d'obtenir de nouvelles instances de ces concepts, caractéristiques de la situation considérée.
- La maintenance et la mise-à-jour d'une ontologie de collaboration peuplée d'instances des concepts constitutifs du métamodèle de situations collaboratives. Cette ontologie de collaboration peut ainsi accueillir le matériel cognitif extrait de bases de connaissances existantes et faisant déjà référence. Ainsi, les instances présentes dans des bases telles que le MIT Process HandBook, (Malone *et al.*, 1999), SCORE (Bolstorff *et al.*, 2003), ou autres (pourvu qu'elles fassent référence à des concepts proches de ceux présents dans le métamodèle de collaboration), peuvent être extraites et projetées dans l'ontologie de situations collaboratives grâce aux proximités sémantiques entre les concepts de cette ontologie source et ceux du métamodèle. Par ailleurs, les instances créées via le procédé évoqué au point précédent (*i.e.* via l'éditeur de modèles de situation collaboratives), viendront également enrichir cette base de connaissance relative au domaine de la collaboration d'organisations.

Les deux exploitations du métamodèle de situations collaboratives qui viennent d'être présentées permettent de disposer d'une part d'un éditeur de modèles de situations collaboratives et d'autre part d'une ontologie de collaboration qui sont l'un et l'autre structurés selon le métamodèle et présentent donc des instances et des liens qui respectent les concepts et les relations du métamodèle.

Parenthèse IDM : Cette première section ne décrit que la création d'un modèle de caractérisation d'une situation collaborative conforme à un métamodèle (qui a évolué au cours du temps). Il n'est donc question que de *modélisation* (en tant que recueil, formalisation et capitalisation de connaissance) et pas encore de *transformation de modèles*.

Restriction 1 : Une constatation complémentaire concerne le fait que vis-à-vis de cet objectif de caractérisation d'une situation collaborative (au travers de l'instanciation de concepts issus d'un métamodèle de référence), la démarche proposée reste totalement manuelle et nécessite une pleine intervention humaine, seule capable d'interpréter une situation informelle et de faire correspondre la connaissance recueillie avec les concepts constitutifs d'un métamodèle.

III. Obtention du modèle de la dynamique collaborative

L'enjeu de cette deuxième étape est de manipuler et d'exploiter la connaissance relative à la collaboration-cible afin de construire une proposition de dynamique comportementale collective répondant au contexte modélisé. Il s'agit donc de combler le premier « gap » sémantique de la figure 2.2 permettant de passer de l'espace des besoins et des exigences (la collaboration cible) à celui des solutions (une dynamique métier répondant aux objectifs).

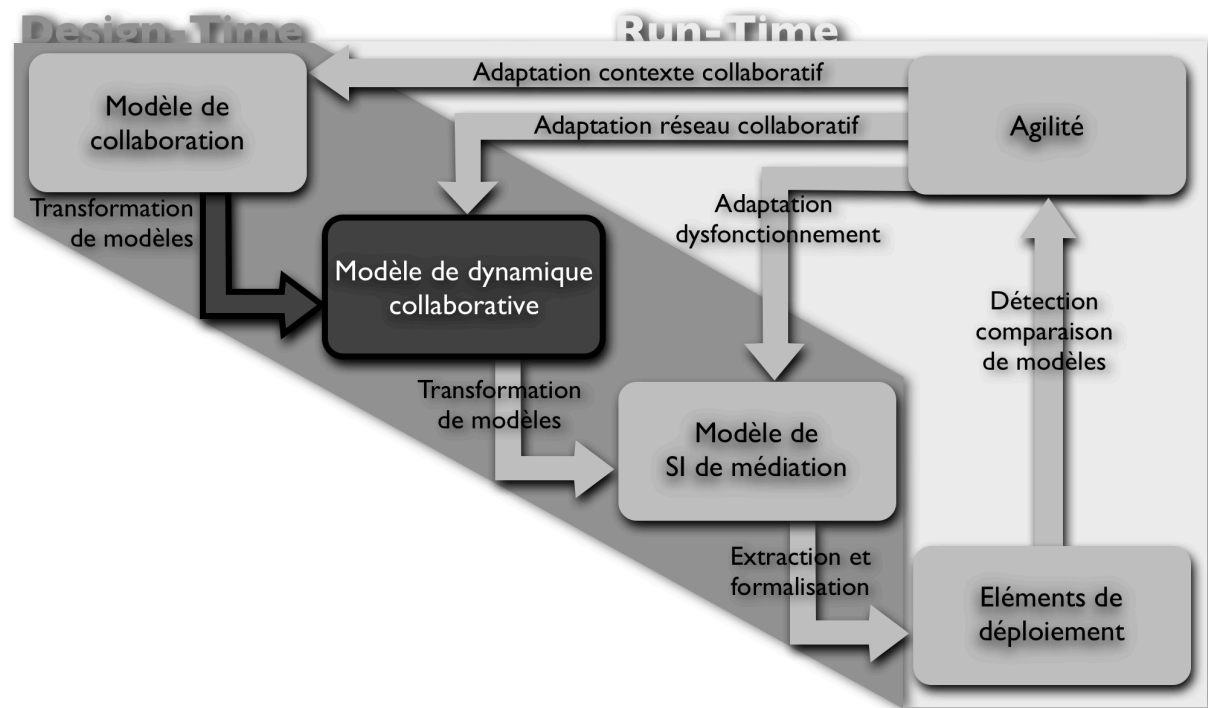


Figure 2.13 Positionnement de la section III.

A cet objectif général, il faut rajouter une différence majeure entre MISE 1.0 et MISE 2.0 puisque la première itération s'intéresse à la construction d'un **unique processus collaboratif** (couvrant autant que possible les exigences comportementales de la collaboration considérée) alors que la deuxième itération concerne la définition d'une **cartographie complète de processus collaboratifs** (organisée selon les niveaux *décisionnel, opérationnel* et *support*). Par ailleurs, dans la mesure où la construction de ces modèles de comportement collectif s'appuie massivement sur la connaissance recueillie lors de la caractérisation de la situation collaborative (cf. section précédente), il est incontournable de définir les concepts constitutifs de cette dynamique collaborative **par rapport** à ceux caractéristiques des situations collaboratives. En d'autres termes, pour chaque étape des itérations MISE, il a été nécessaire de compléter les métamodèles de situation collaborative établis afin de définir les relations entre concepts permettant de faire émerger les connexions sémantiques (et donc les pistes de règles de déduction) entre notions relevant de la caractérisation de la situation collaborative et notions spécifiques à la dynamique associée. On retrouve alors les mêmes étapes que pour la définition du métamodèle de collaboration :

1. Définition, dans le cadre de MISE 1.0 du **métamodèle de processus collaboratif** (Touzi *et al.*, 2009) :

Cette première description du métamodèle de comportement collaboratif est structurante et porteuse de sens vis-à-vis du projet MISE puisqu'elle intègre toutes les spécificités issues non seulement de la volonté d'aller vers une architecture SOA (et donc vers une description comportementale orchestrable et indépendante) mais également du choix d'une approche par médiation. Ce métamodèle constitue donc une représentation du métamodèle du langage de modélisation de processus BPMN (Business Process Modeling Notation) restreinte selon les contraintes inhérentes à l'intégration d'un médiateur entre des acteurs hétérogènes en contexte SOA. On retrouve donc beaucoup de concepts inhérents au formalisme BPMN, « spécialisés »

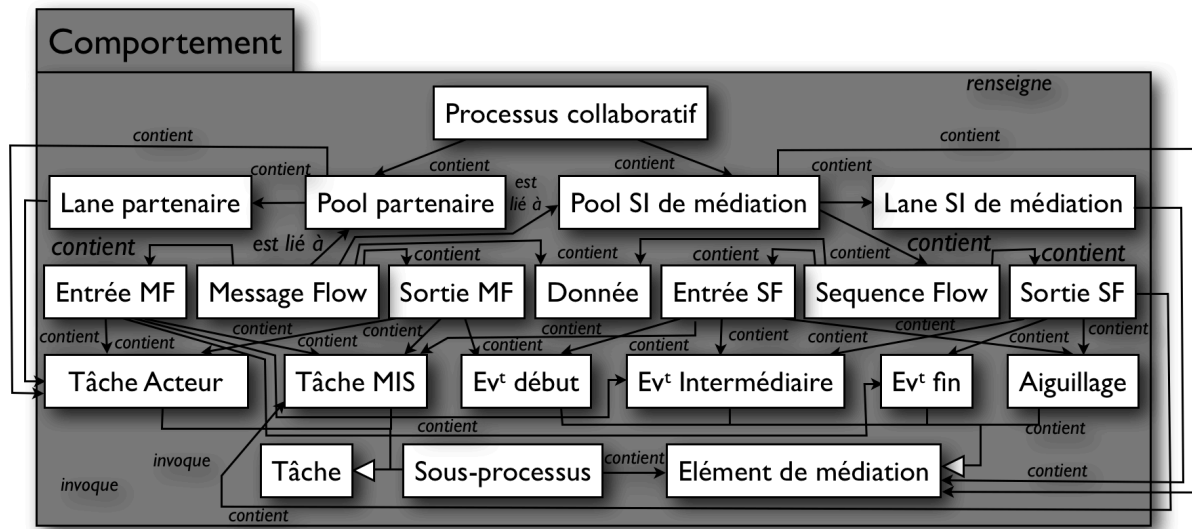


Figure 2.14 Métamodèle de processus collaboratif issu des travaux de J. Touzi.

On retrouve ainsi un modèle de processus collaboratifs qui contient des *pools* dédiés aux *partenaires* et un *pool* dédié au *médiateur*. On peut également constater que les partenaires se contentent d'être invoqués par le *médiateur* puisque les *pools* des *partenaires* ne peuvent contenir que des *activités* reliées uniquement à des *message flow* leur permettant de communiquer avec le *pool* du *médiateur*. En revanche, le *pool* du *médiateur* contient toute la dynamique comportementale. La structure type d'un processus conforme à ce métamodèle est représentée sur la figure suivante :

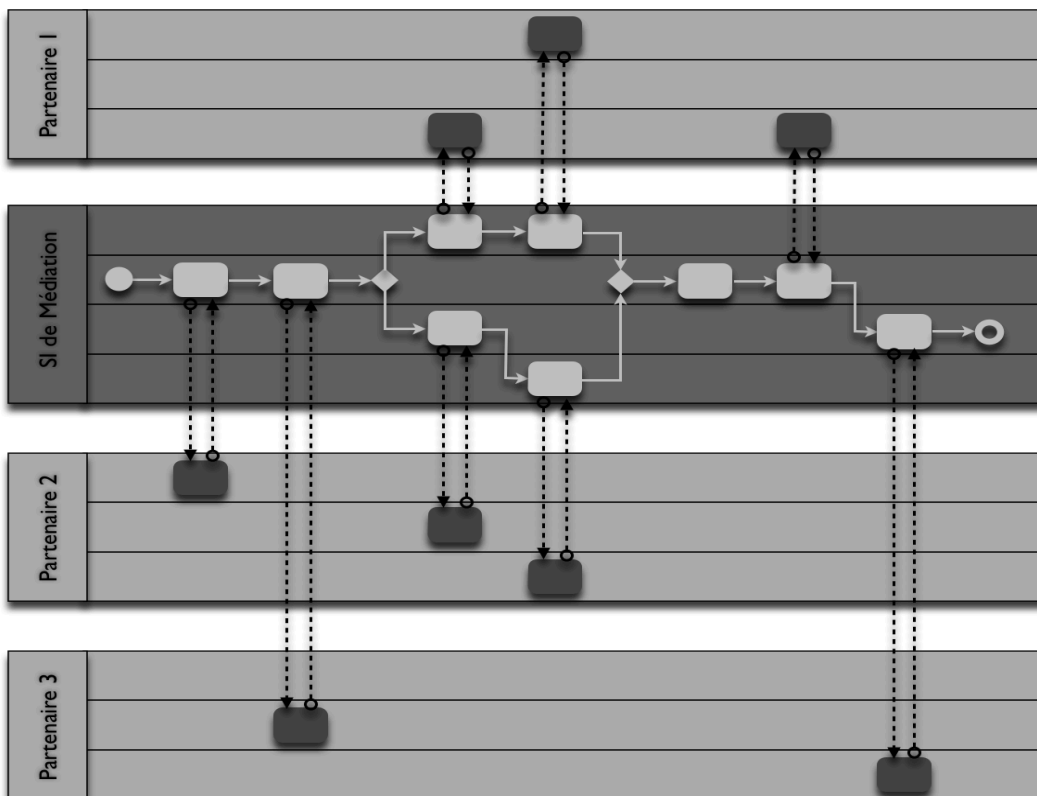


Figure 2.15 Structure d'un processus collaboratif dans le contexte de MISE (Touzi et al., 2006).

Cette vision du processus collaboratif, proposée dès 2006 au cours des travaux de thèse de Jihed Touzi (Touzi, 2007), fait clairement écho à la notion de collaboration telle qu'elle est aujourd'hui intégrée au formalisme BPMN 2.0 au travers des diagrammes de conversation et de chorégraphie.

2. Enrichissement, dans le cadre de MISE 1.0, du **métamodèle de collaboration « industriel »** :

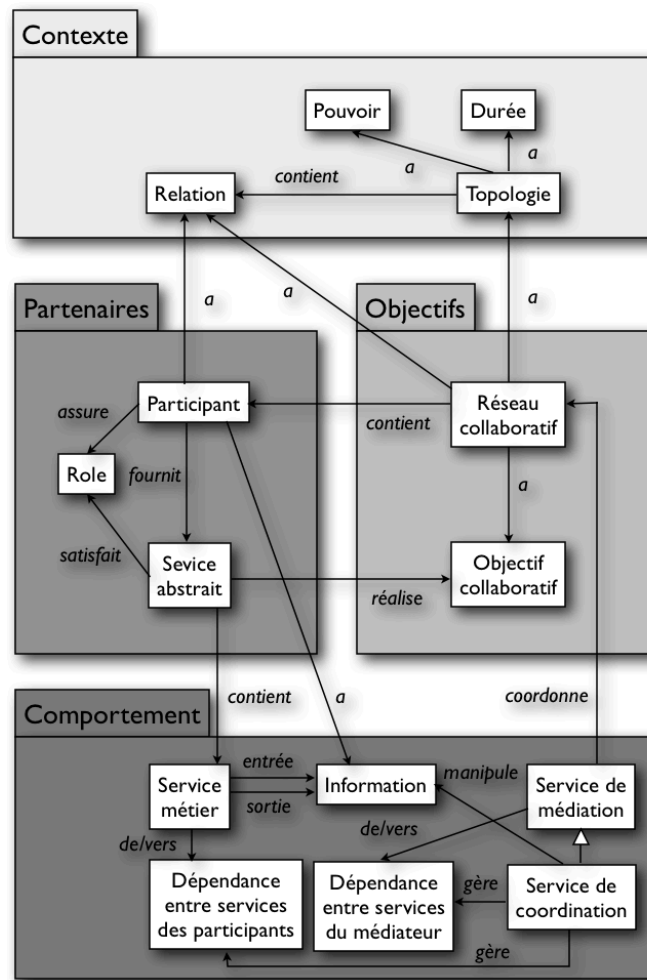


Figure 2.16 Métamodèle de collaboration/comportement issu des travaux de N. Rajsiri.

Cette description de la partie comportementale du métamodèle repose sur le fait que les *services abstraits* (i.e. les compétences nécessaires à la satisfaction des objectifs collaboratifs) vont être assumés par des *services métier* des partenaires, lesquels échangent des *informations* et sont reliés entre eux par des *dépendances* prises en charge par les *services de coordination*. La dynamique collaborative est quant à elle prise en charge par les *services de médiation* (dont les *dépendances* relatives sont également gérées par les *services de coordination*). Cette définition simple du métamodèle de dynamique collaborative (largement basée sur les concepts issus du MIT Process Handbook) est néanmoins cohérente avec la vision proposée dans le métamodèle de la figure 2.14 puisqu'une transformation de modèle horizontale simple, présentée dans (Rajsiri, 2009), permet cette transition afin d'obtenir les processus collaboratifs construits à partir de ces schémas au format BPMN.

3. Enrichissement, toujours dans le cadre de MISE 1.0, du **métamodèle de collaboration en contexte de « gestion de crise »** :

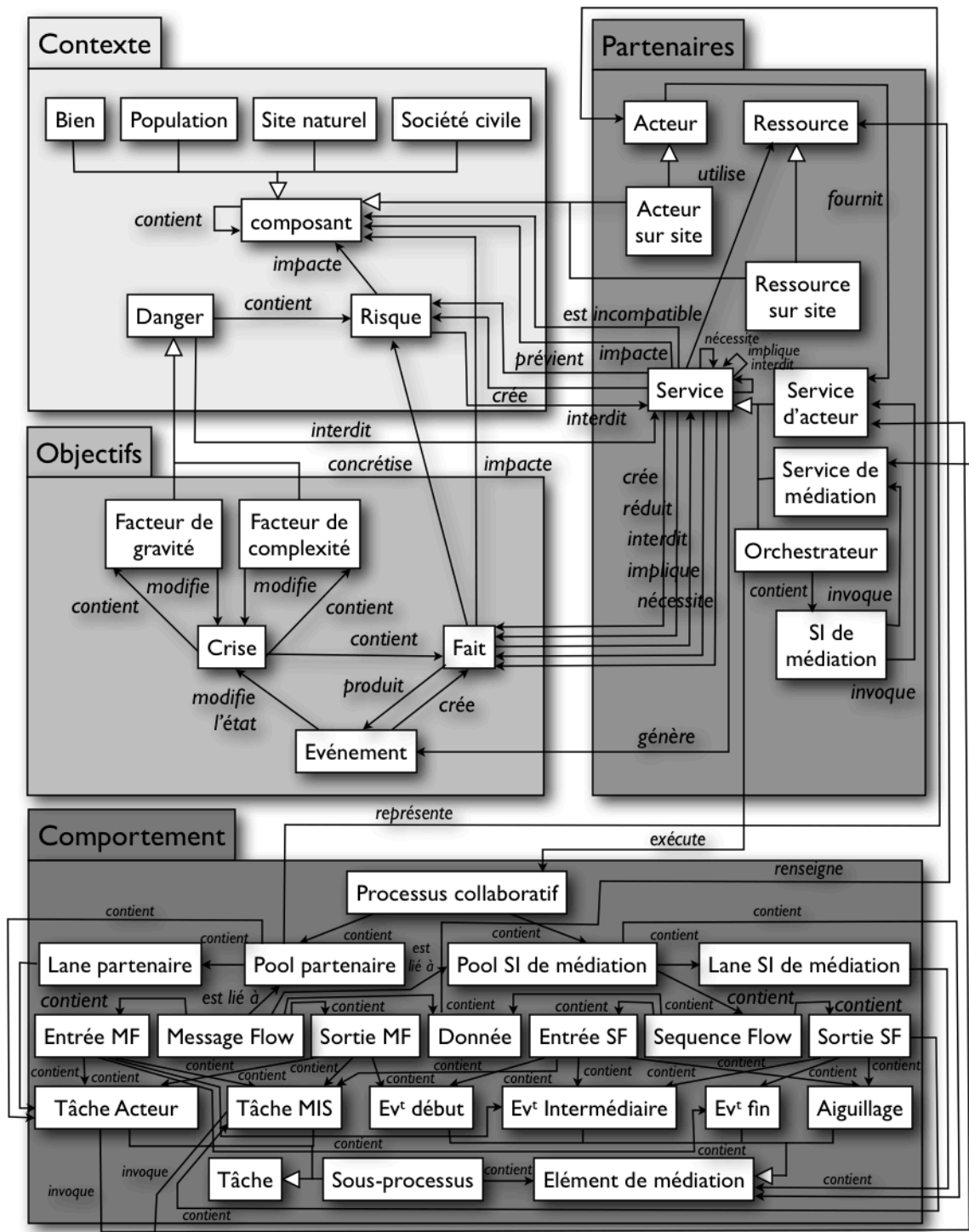


Figure 2.17 Métamodèle de collaboration/comportement en gestion de crise issu du projet ISyCri.

N'étant pas contraint par le MIT Process Handbook et ses schémas de structuration de la connaissance, cette troisième description du volet comportemental du métamodèle collaboratif est toute entière orientée vers la connexion directe du métamodèle de caractérisation des situations de crise (présenté en section précédente, figure 2.9) avec le métamodèle de processus collaboratif BPMN (présenté en figure 2.14). On trouve en particulier les liens entre : *ressource* et *donnée*, *service* et *tâche* et enfin, *acteur* et *pool d'un partenaire*.

4. Enrichissement dans le cadre de MISE 2.0, du **métamodèle de collaboration convergent** :

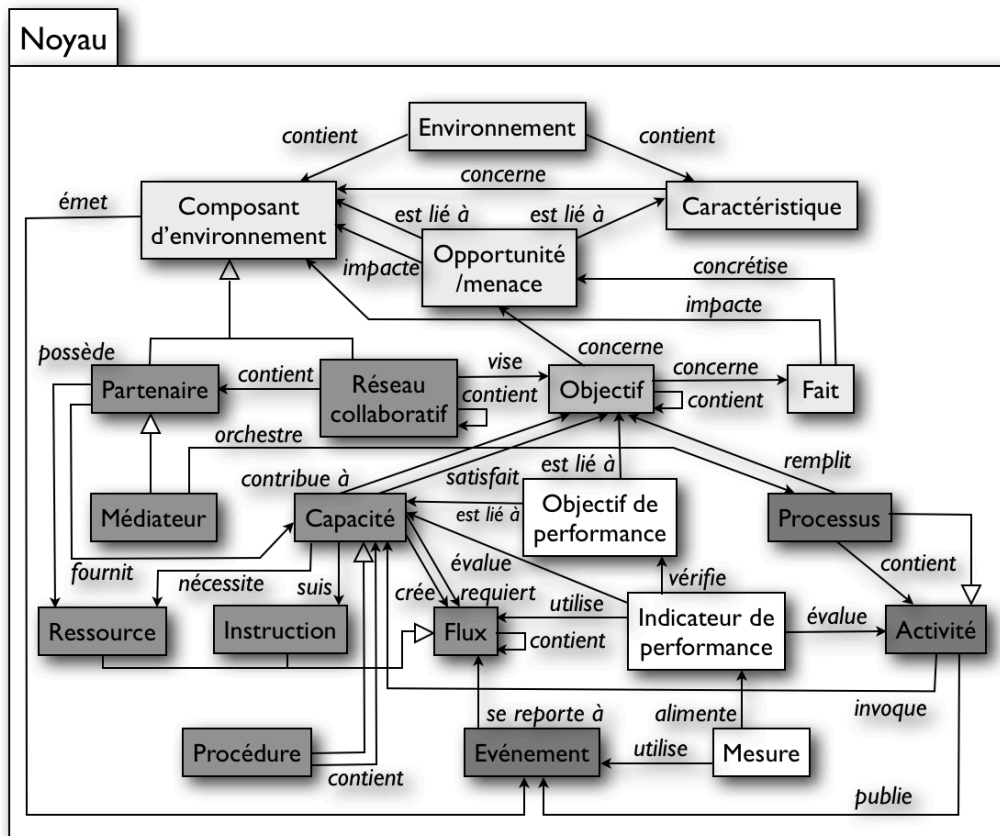


Figure 2.18 Le noyau du métamodèle de situation collaborative/comportement.

Cette dernière description de la partie comportementale n’intègre que les concepts de *processus*, d’*activité* et d’*événement* (en plus des concepts déjà présents sur la figure 2.11). Il a en effet semblé préférable de déporter la notion de cartographie de processus (et les concepts associés) aux couches supérieures du métamodèle, ne serait-ce que parce qu’il est envisageable que certains domaines métier ne soient pas compatibles avec la notion de cartographie de processus collaboratifs. Le chaînage conceptuel « le réseau vise des objectifs remplis par des processus mettant en œuvre des activités qui invoquent des capacités des partenaires qui contribuent à la résolution des objectifs » constitue le schéma sémantique central sur lequel se base la construction du modèle comportemental collaboratif.

Comme présenté dans la section précédente (figure 2.10), la version courante du métamodèle, prenant toujours en charge à la fois la description de la *situation collaborative* et la définition des concepts et relations inhérents au *comportement collaboratif*, s’organise sous la forme d’une structure en couches interchangeable autour d’un noyau inamovible. La figure suivante fait directement écho à la figure 2.12 en présentant le noyau et la première couche relative au domaine de la gestion de crise. On peut également noter que la thèse de G. Macé Ramète apporte une troisième couche à ce métamodèle en décrivant les concepts et relations spécifiques au sous-domaine de la gestion des crises routières (ces travaux encore en cours ne sont pas présentés dans ce document).

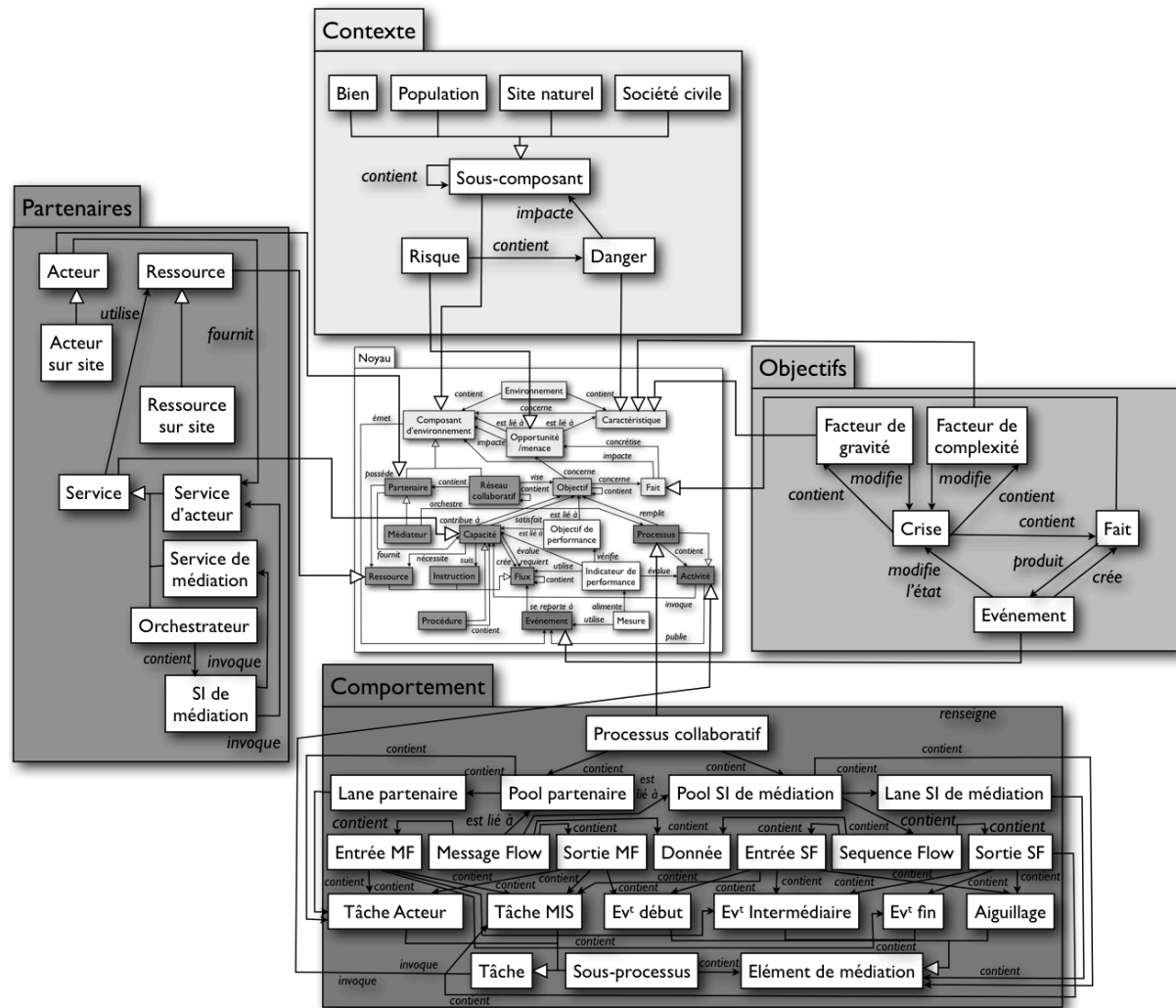


Figure 2.19 Noyau et première couche orientée gestion de crise du métamodèle (comportement).

Finalement, on trouve une grande similarité (qui traduit une continuité de recherche) entre les quatre points précédents : il s’agit de la maturation d’un métamodèle comportemental, connecté à un métamodèle de situation collaborative. Cette connexion doit permettre, en définissant des instances caractéristiques de la situation collaborative de construire le modèle comportemental le plus approprié. Au travers des approches MISE 1.0 ou MISE 2.0, cet objectif d’obtention du modèle comportemental collaboratif (*i.e.* l’ambition de combler le premier gap de la figure 2.2) se décompose en deux temps qui concernent (i) la **sélection** de la (une ?) juste combinaison de services métier parmi les services candidats chez les partenaires de la collaboration et (ii) l’**ordonnancement** de ces services sélectionnés selon une dynamique collaborative structurée et potentiellement orchestrable.

Concernant le premier point, c’est à dire « **la sélection des services** », le principe essentiel mis en jeu pour réussir cette étape peut être schématisé comme suit :

Form2.2 : SI l’instance *iA* (issue du concept *C1*) et caractéristique de la situation collaborative considérée est proche sémantiquement de l’instance *iB* (également issue du concept *C1*) quant à elle existante dans l’ontologie de collaboration,
 ET SI l’instance *iZ* (issue du concept *C2*) et caractéristique de la situation collaborative considérée est proche sémantiquement de l’instance *iY* (également issue du concept *C2*) quant à elle existante dans l’ontologie de collaboration,
 ET SI l’instance *iB* est liée à l’instance *iY* (au sein de l’ontologie de référence) par la relation *R*,
 ALORS on peut lier *iA* et *iZ* par cette même relation *R* (ou une instance de cette relation).

Ce principe très simple qui étend la notion de transitivité peut s’illustrer par l’exemple de vulgarisation suivant : « si on est au restaurant et que la carte propose des **Aiguillettes de canard** et du **Vin du domaine d’Escalauses** ; que par ailleurs, on sait que le **Vin du domaine d’Escalauses** s’appuie sur des

*cépages et un terroir similaires au **Vin de Labarthe** (qui n'est pas proposé à la carte), que l'on sait également que le **Vin de Labarthe** s'associe très bien au **Magret de canard** (qui n'est pas non plus à la carte) et enfin que l'on pense que les **Aiguillettes de canard** présentent à peu près les mêmes propriétés gustatives que le **Magret de canard**, alors, on peut raisonnablement porter notre choix sur les **Aiguillettes de canard** accompagnées d'un **Vin du domaine d'Escausses...** ».*

C'est donc parce que l'ontologie de collaboration est peuplée d'instances des concepts relatifs à la notion de collaboration en général (*objectif, capacité, composant de l'environnement*, etc.) et que ces instances présentent entre elles des relations du type « *l'objectif O peut être assuré par les capacités C1, C2 et C3 par ailleurs, la capacité C4 permet de prévenir la menace M sur le composant d'environnement CE* » que les nouvelles instances, caractérisant la situation collaborative spécifiquement considérée, et présentant des relations de proximité ou de similarité (définies à la création de l'instance et étendue par déduction et par transitivité) avec des instances existantes, vont pouvoir être liées entre elles par des relations du même type. A titre d'illustration, nous présentons dans la suite des exemples de règles exprimées en SWRL (*Semantic Web Rule Language*, un standard proposé par le W3C en mai 2004) et relatifs aux différentes étapes présentées précédemment.

Ce mécanisme s'illustre dans les travaux de V. Rajsiri (Rajsiri *et al.*, 2010), pour MISE 1.0, par les relations sémantiques qui permettent, au sein de l'ontologie (structurée selon le métamodèle de la figure 2.16) de déclarer que : « *chaque partenaire doit proposer les services abstraits et les services métier associés à son rôle au sein de la collaboration* » :

Règle 1	Participant(?x) ^ playRole(?x,?y) ^ performAbstractService(?y,?z) → provideAbstractService(?x, ?z)
Règle 2	Participant(?x) ^ provideAbstractService(?x,?y) ^ hasBusinessService(?y,?a) → provideBusinessService(?x,?a)

Tableau 2.2 Exemple de règles associées au métamodèle MISE 1.0

Ainsi, dès lors qu'on est capable de lier les compétences spécifiques des partenaires de la collaboration considérée avec les services métier existant dans l'ontologie et les motivations de cette collaboration avec les objectifs collaboratifs existant dans l'ontologie, le système inférant peut déduire que les objectifs spécifiques identifiés peuvent être assurés par tel sous-ensemble de compétences mis en commun par les partenaires au travers de leur partie publique.

De même, dans les travaux de S. Truptil (Truptil, 2010), également inhérents à MISE 1.0 mais spécifiques à la gestion de crise, on peut extraire des concepts et des relations sémantiques représentées en figure 2.17 que « *un risque identifié peut être prévenu par un ensemble de services, de même, un fait sur le terrain peut être traité par un ensemble de services (en tenant compte des informations de proximités et de similarités)* ».

Règle 1	Crise(?x) ^ Fait(?y) ^ Fait(?b) ^ estComposéDe(?x,?y) ^ Service(?z) ^ réduit(?z,?b) ^ SameAs(?y,?b) → peutRésoudre(?z,?y)
Règle 2	Crise(?x) ^ Fait(?y) ^ Fait(?b) ^ estComposéDe(?x,?y) ^ Service(?z) ^ réduit(?z,?b) ^ Near(?y,?b) → pourraitRésoudre(?z,?y)
Règle 3	Crise(?x) ^ Risque(?y) ^ Risque(?b) ^ estComposéDe(?x,?y) ^ Service(?z) ^ prévient(?z,?b) ^ SameAs(?y,?b) → peutRésoudre(?z,?y)
Règle 4	Crise(?x) ^ Risque(?y) ^ Risque(?b) ^ estComposéDe(?x,?y) ^ Service(?z) ^ prévient(?z,?b) ^ Near(?y,?b) → pourraitRésoudre(?z,?y)

Tableau 2.3 Exemples de règles associées au métamodèle MISE 1.0 orienté gestion de crise

Ainsi, les liaisons de proximité sémantique ou de similarité entre, d'une part, *risques, faits* et *services* (qu'il faut ici entendre au sens de services métier) spécifiques à la situation considérée et, d'autre

part, les *risques*, *faits* et *services* présents dans l'ontologie, permettront de déduire que pour un *risque* ou un *fait* donné dans la crise prise en compte, un ensemble de *services* disponibles peut être envisagé pour apporter une prise en charge efficace (qu'il s'agisse de prévention ou de traitement).

Enfin, dans les travaux de W. Mu, (dont héritent directement ceux de A.-M. Barthe-Delanoë et G. Macé-Ramète dans le domaine de la gestion de crise) relatifs à MISE 2.0 (Mu *et al.*, 2010) et visualisables sur la figure 2.18, on retrouve une relation sémantique de haut niveau assez simple « *un processus collaboratif est composé d'activités qui invoquent les capacités (au sens de service métier) qui participent à la satisfaction des objectifs de la collaboration (partiellement ou complètement)* ».

Règle 1	Objectif(?x) \wedge swrlx:makeOWLThing(?a) → Processus(?a) \wedge rempli(?a,?x)
Règle 2	Objectif(?x) \wedge Capacité(?y) \wedge [contribue(?y,?x) \vee satisfait(?y,?x)] \wedge Processus(?a) \wedge rempli(?a,?x) \wedge swrlx:makeOWLThing(?b) → Activité(?b) \wedge contient(?a,?b) \wedge invoque(?b,?y)

Tableau 2.4 Exemples de règles associées au métamodèle MISE 2.0

Par ailleurs, ces mécanismes cohérents mais simples ne constituent que l'ossature de ce que la structure ontologique utilisée (aussi bien dans MISE 1.0 que dans MISE 2.0 et MISE 3.0) permet de déduire concrètement au niveau de la dynamique métier. On peut évoquer au moins trois compléments déductifs significatifs dans la construction de la dynamique collaborative :

- Les relations présentes au sein de l'ontologie permettent par exemple également de déduire que, structurellement, certains services métiers doivent être ajoutés à l'ensemble des services sélectionnés. Par exemple, dans les travaux de S. Truptil, on peut trouver le cas où la présence d'un *incendie (conséquence)* impliquant une *citerne de produit chimique (composant d'environnement)* nécessite évidemment d'utiliser une action de *lutte contre le feu (service)* mais également, du fait de cette *conséquence* et de ce *composant d'environnement* particuliers, de faire appel à un service additionnel de *récupération des eaux utilisées* afin d'éviter une éventuelle pollution des nappes phréatiques. De manière similaire, on peut citer le cas de l'incompatibilité de deux services (un *procédé de peinture* et un *mode de soudure*, ou *l'utilisation d'avion bombardier d'eau* et *l'envoi de brigade de sapeurs-pompiers*, etc.). Sur un plan encore plus général, un *objectif*, une *conséquence*, un *risque*, un *service* peut engendrer ses propres *objectifs*, *conséquences* ou *risques* qui vont impacter la sélection des *services* selon le mécanisme principal évoqué précédemment.
- En outre, toujours sur la base des concepts de l'ontologie collaborative et de leurs relations sémantiques, il est également possible de mettre en évidence les potentiels trous fonctionnels. En effet, les objectifs inhérents à la situation considérée peuvent requérir des services métier parmi lesquels certains ne trouvent pas de services équivalents (ou même de services proches) parmi les services métier proposés par les partenaires. Il est alors possible de lister ces compétences manquantes et de les rechercher (parmi d'éventuels partenaires, ou au sein du médiateur lui-même, en tant que service à valeur ajoutée) pour compléter le réseau collaboratif.
- Enfin, la couverture fonctionnelle nécessaire (caractérisée par l'ensemble des objectifs à satisfaire par la collaboration) peut potentiellement être assurée par diverses combinaisons de services métier. C'est en considérant ces combinaisons dans leur globalité que le meilleur choix peut-être fait, qui plus est, en intégrant et en combinant divers critères de sélection tels que *la combinaison minimale* (en termes de nombre de services, de coût, de ressources utilisées, etc.), *la combinaison la plus juste* (i.e. celle dont les services associés semblent les plus pertinents et les plus appropriés en termes de proximité sémantiques vis-à-vis de la caractérisation), *la combinaison la plus sûre* (i.e. celle qui mobilise les partenaires les plus fiables vis-à-vis d'indicateurs passés), *la combinaison la plus rapide* (i.e. celle qui concerne les services supposés assurer l'ensemble des prestations attendues de la manière la plus brève), etc. On constate qu'un certain nombre de caractéristiques non-fonctionnelles s'avèrent alors nécessaires pour réaliser ce type de sélection plus intelligente. Cette prise en compte des caractéristiques non-fonctionnelles est assurée par les travaux de thèse de S. Zribi (Zribi *et al.*, 2012).

Ces considérations d'incompatibilité, de nécessité de services complémentaires, d'identification de trou fonctionnel nécessitant l'adjonction de service métier (voire de partenaire) ou de comparaison multicritères de combinaisons candidates, permettent d'enrichir et d'affiner l'ensemble de services métier sélectionnés pour fournir la matière constitutive du modèle de la dynamique de collaboration.

1. Concernant le deuxième point de la construction de la dynamique collaborative, c'est à dire « **l'ordonnement et le séquençement des services sélectionnés** », plusieurs éléments peuvent être pris en compte pour favoriser la structuration de processus collaboratifs.

Tout d'abord et assez inévitablement, il est nécessaire, vis-à-vis de cet objectif de structuration de la dynamique collaborative, de prendre en compte les composantes incontournables que constituent les éventuels éléments *doctrinaux*, les potentiels *plans* existants (en tant que « pattern »), les impératifs issus des *lois* et de la *réglementation* et les éléments de *priorisation* que l'utilisateur humain pourrait renseigner. Toutes ces considérations vont permettre d'apporter des informations structurantes à l'ensemble de services métier sélectionnés. Ainsi, certains archétypes fonctionnels (par exemple issus du MIT Process Handbook, de la législation en cours, de règles doctrinales ou d'un héritage culturel, voire « corporate ») peuvent être utilisés comme schéma directeur pour l'articulation de certains services métier. De manière similaire, des prises de décision peuvent être demandées à l'utilisateur humain (en particulier de la part des personnes en charge de la gestion de la collaboration) afin de prioriser les objectifs et donc le traitement de ces objectifs. Ainsi, certains services métier, semblant initialement parfaitement indépendants et donc parallélisables (par exemple parce que ne concernant pas les mêmes acteurs, ni les mêmes objectifs, et n'impactant pas les mêmes composants d'environnement, etc.) peuvent finalement être organisés en séquence suite à l'intervention et à la décision de l'utilisateur. Tous ces éléments constituent une première vague de structuration de processus collaboratif à partir des services métier sélectionnés.

Par ailleurs, les services métier retenus sont également caractérisés par leurs entrées et leurs sorties. Ces entrées et ces sorties sont définies au sein de l'ontologie de collaboration et disposent à ce titre de connexions sémantiques avec d'autres messages. Ce réseau de connexions sémantiques entre les entrées et sorties va permettre de proposer un maillage structurel entre les services métier sélectionnés basé sur tous les flux potentiels. Concrètement, si l'entrée I d'un service S2 est proche sémantiquement de la sortie O d'un service S1, alors, le service S1 peut être potentiellement considéré comme un prédécesseur du service S2 auquel il est connecté par un flux porteur du message relatif à I et O. Il est bien évident que ces connexions ne prennent absolument pas en compte les considérations de syntaxe et de format (la proximité sémantique ne présage aucunement de la compatibilité technique des données). On obtient par le biais de ce principe une deuxième vague de structuration des services métier constitutifs des processus collaboratifs. Ce procédé a été particulièrement utilisé au cours de MISE 1.0.

D'autre part, on peut également rappeler que les services métier qui ont été sélectionnés l'ont été du fait de leur couverture des objectifs de la collaboration. De ce fait, et en particulier dans le cas de MISE 2.0 et des deux types de relations (*assure* et *contribue à*) liant les services métier (ou *capacités*) aux objectifs, on peut déterminer si les services sélectionnés couvrent intégralement (liaison *assure*) ou partiellement (liaison *contribue à*) les objectifs pour lesquels ils ont été retenus. Sur cette base, il est facile de déterminer si les services retenus pour un objectif donné sont complémentaires ou concurrents. Dans le cas où ils sont concurrents, cette portion du processus peut s'articuler autour d'un *gateway* « OU ». Dans le cas où ils sont complémentaires, il faut déterminer lesquels doivent être mobilisés en série (*séquence*) et lesquels doivent être mobilisés en parallèle (*gateway* « ET »). Pour ce faire, un certain nombre de critères peuvent être exploités tels que : (i) les services complémentaires mobilisent-ils les mêmes ressources ? (ii) sont-ils assurés par les mêmes partenaires ? (iii) impactent-ils les mêmes composants de l'environnement ? etc. Si les réponses à ces questions sont systématiquement négatives, alors on peut envisager de paralléliser ces services métier complémentaires. Si certaines de ces réponses sont positives, alors, il est probable qu'il faille organiser ces services en séquence. La figure suivante (figure 2.20) illustre ces principes en présentant, dans sa partie gauche, des instances de services métier *assurant* ou *contribuant à* la réussite d'objectifs, puis, dans sa partie droite, ce qui peut être déduit, tout d'abord en termes de sélection de capacités à mobiliser pour réaliser les activités des processus (les C_i retenues), mais également concernant la façon d'organiser ces activités. Il est important de noter que cette figure ne présente que les principes et ne fait pas la description exhaustive de toutes les combinaisons d'agencements possibles : d'autres configurations d'agencements de capacités que celles présentées pourraient également être candidates mais elles relèvent toutes des mêmes principes de déduction.

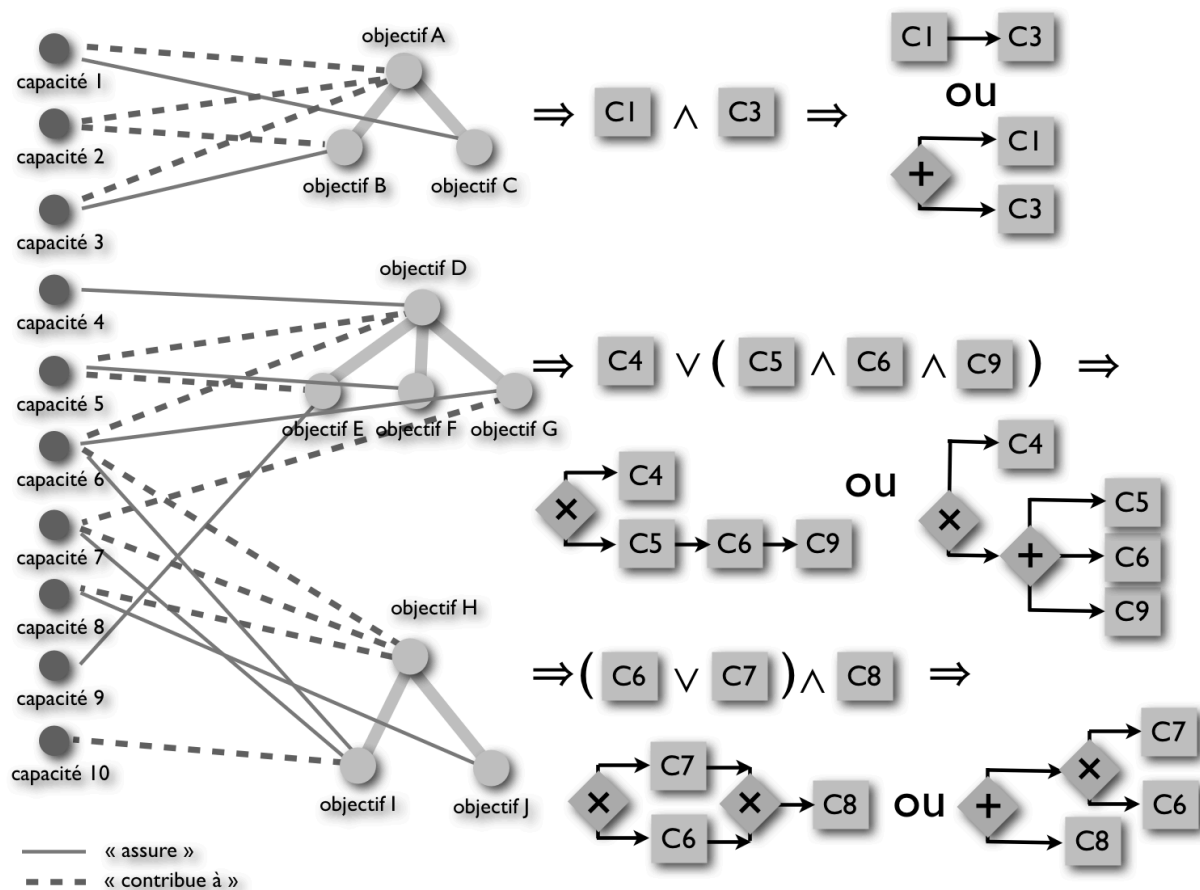


Figure 2.20 ordonnancement des services métier sur la base de la couverture des objectifs.

Les modes de traitement complémentaires évoqués dans les lignes précédentes (utilisation de « patterns », prise en compte des « entrées / sorties » et étude de la couverture des « objectifs ») apportent des informations concernant la structuration des processus collaboratifs. Il est clair qu'aucun des principes présentés n'apporte à lui seul de solution idéale pour structurer, sous la forme de modèles de processus collaboratifs formels, un ensemble de services métier sélectionnés en fonction de leur couverture des objectifs identifiés. Néanmoins, combinés, et comme présenté dans les travaux de W. Mu (Mu *et al.*, 2011), ils permettent de proposer des structures de processus tout à fait crédibles et pertinents. D'autre part, il est utile de rappeler à ce stade relevant particulièrement de la structuration des processus que, dans la continuité des travaux précédents, cette description de processus collaboratifs repose sur le formalisme BPMN (voire BPMN 2.0). Ce sont donc les éléments de structuration de ce formalisme qui doivent être pris en compte quant à l'organisation des activités sélectionnées en modèles de processus.

Enfin, au delà de la **sélection** et de l'**ordonnancement** des services métier, se pose également la question de la structuration de cette dynamique sous la forme d'une cartographie regroupant différents processus (évidemment, dans le cas où cette structuration s'avère pertinente, c'est à dire par exemple en contexte industriel). Il s'agit en particulier de « démêler » la dynamique comportementale collective pour en extraire des processus correspondant à la typologie *décisionnel / opérationnel / support*. En réalité, à partir de la deuxième itération (MISE 2.0), l'utilisation d'un métamodèle unique, structuré en couches, permet d'associer, à certaines surcouches, des *objectifs* typés (*décisionnel, opérationnel* ou *support*), héritant de l'*objectif* du noyau, selon que cette typologie structurelle s'avère pertinente pour ces surcouches. A chacun des objectifs présents (quel que soit son type, *décisionnel, opérationnel* ou *support*), on associe la construction d'une séquence comportementale (par **sélection** et **ordonnancement** des services). Notons au passage qu'on revient ainsi à la définition initiale du concept de *processus* (cf. Première Partie, section I « l'agencement pertinent d'activités selon une dynamique orientée vers la satisfaction d'un (ou plusieurs) objectif(s) identifié(s) »). On obtient alors un ensemble de processus, spécifique chacun à un objectif typé.

En outre, la structuration hiérarchique des objectifs permet de déduire la hiérarchie des processus. En particulier, la nature des objectifs pris en charge par les processus construits (décisionnel, opérationnel ou support) associés à la description des échanges entre ces types de processus (telle que présentée par le tableau 1.1) permet de préciser les flux entre les processus. Ces flux doivent bien entendu être nécessairement liés à des éléments du modèle (en particulier aux informations qui circulent) et correspondent spécifiquement à la localisation d'échanges « haut-niveau ». En effet, si au sein de chaque processus on retrouve des échanges inter-partenaires, mais qualifiés de « bas-niveau » (car relevant d'un même processus), on retrouve au niveau inter-processus des échanges (entre partenaires ou au sein d'un même partenaire) positionnés à un plus haut niveau d'abstraction comportemental, qu'on peut qualifier de « haut-niveau ».

Parenthèse IDM: Vis-à-vis de la section VI de la partie 1 (qui explicite le principe de transformation de modèles) et en particulier la figure 1.14, on peut considérer que la transformation de modèles qui permet d'aboutir au modèle de dynamique collaborative (à partir des caractéristiques de la situation considérée) telle que présentée dans les lignes précédentes, s'appuie sur un *modèle source* (i.e. les instances de concepts relatifs à la situation elle-même), auquel on applique des règles de transformation (en particulier les règles relatives à la mise en correspondance *capacités/objectifs* portant sur ces concepts communs aux deux métamodèles source et cible) et on apporte une *connaissance additionnelle* (i.e. les éventuels *patterns* et *éléments de priorisation*) pour générer un *modèle cible* (i.e. les schémas de *processus collaboratifs*).

Restriction 2 : Une constatation complémentaire concerne le fait que vis-à-vis de cet objectif de construction d'un modèle comportemental collaboratif (au travers de l'application de règles de déduction sur les modèles de situation collaborative), la démarche proposée présente (au moins) deux faiblesses :

- *Les mécanismes de déduction implémentés visent à l'obtention d'une unique combinaison structurée de services des partenaires afin de satisfaire les objectifs collaboratifs, néanmoins, il serait intéressant que plusieurs options soient proposées, évaluées, simulées afin d'affiner le choix.*
- *Dans la mesure où l'intervention humaine semble incontournable (afin d'effectuer les choix relevant de la responsabilité de l'homme), la démarche ne facilite ni conceptuellement, ni techniquement cette action de prise de décision.*

IV. Obtention du modèle de SI de médiation

L'objectif de cette troisième étape est de transformer la dynamique collaborative décrite **sur un plan métier** au travers de modèles de processus collaboratifs en une dynamique collaborative décrite **sur un plan technique** sous la forme d'un modèle de SIM implémentable (en particulier en termes de workflow). Il s'agit donc de combler le deuxième « gap » sémantique de la figure 2.2 permettant de passer du domaine abstrait (ou métier) au domaine concret (ou technique).

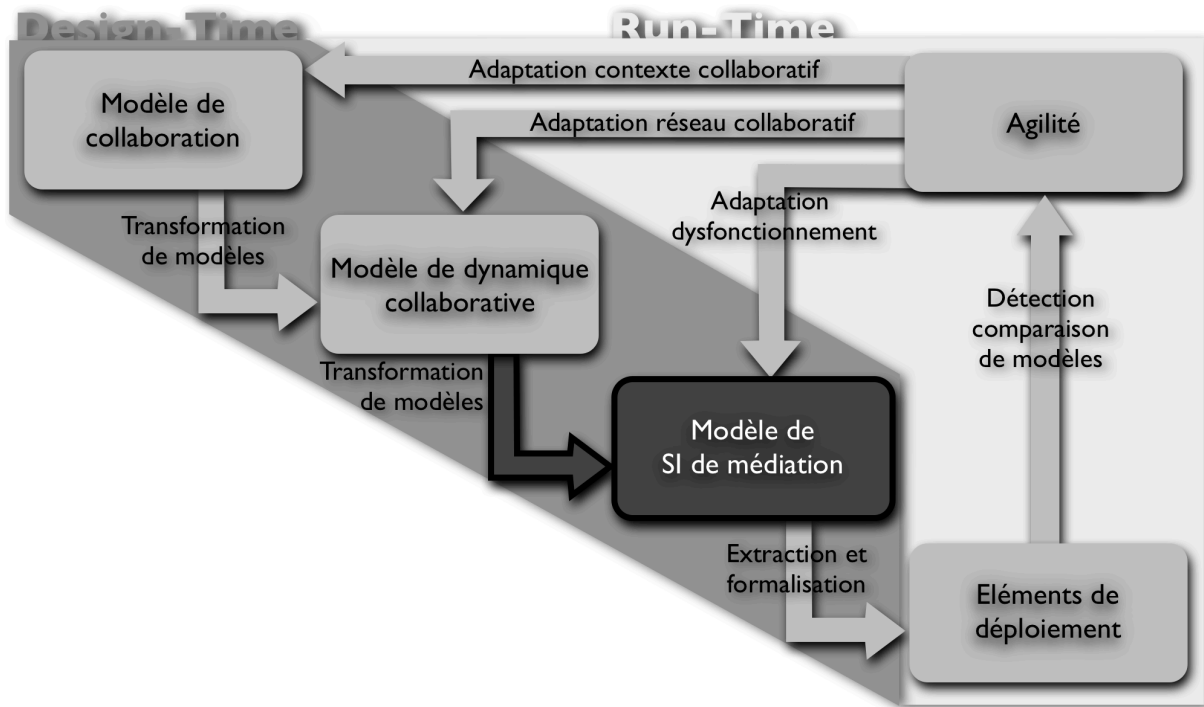


Figure 2.21 Positionnement de la section IV.

Cette problématique de réconciliation sémantique entre les niveaux *métier* et *technique* se décompose selon les trois niveaux relatifs aux composantes *informations*, *fonctions* et *processus* des organisations et des systèmes d'information (comme présenté en première partie de ce volet, figure 1.3) :

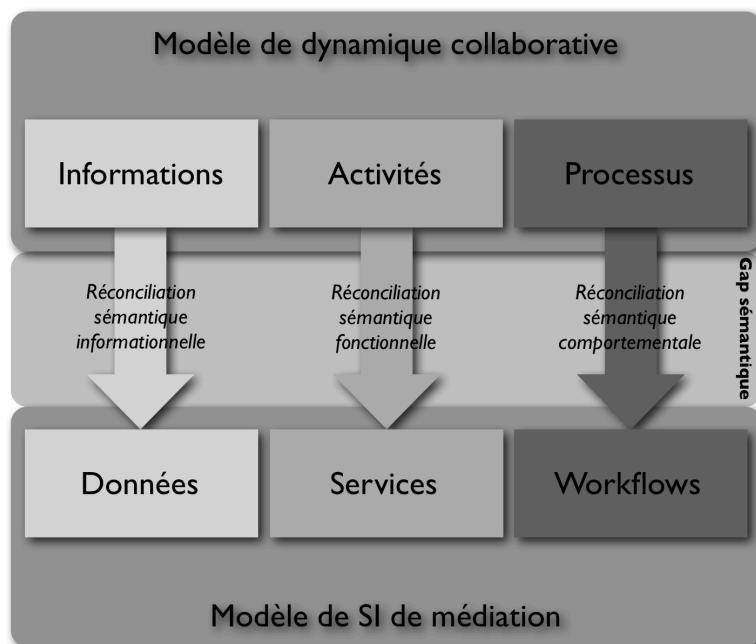


Figure 2.22 Les niveaux de réconciliation sémantique entre les niveaux métier et techniques.

Cette troisième étape a connu des traitements bien différents au travers des itérations MISE 1.0 ou MISE 2.0, et en particulier au cours des travaux de thèses de J. Touzi, S. Trupril et N. Boissel-Dallier. Schématiquement, la problématique de transformation de modèles comportementaux collaboratifs (au niveau métier) en composants exécutables (au niveau technique) consiste à réconcilier les *informations* et les *données*, les *fonctions invoquées par les activités* et les *services*, les *processus* et les *workflows*. Le contexte SOA dans lequel se situe l'ensemble du projet MISE (cf. section IV de la première partie) amène à se préoccuper prioritairement de la réconciliation des *fonctions* et des *services*. A l'issue des deux premières itérations de MISE, le traitement de cette transition du niveau métier au niveau technique peut se décomposer selon les trois étapes suivantes :

1. **Identification de la base des services techniques couvrante de l'ensemble des activités métier mobilisées par les processus collaboratifs.**
2. **Définition des transformations de données entre les services identifiés précédemment.**
3. **Définition des workflows en tant que composants exécutables.**

Dans la suite de cette section, nous allons reprendre chacune de ces trois étapes, pour l'ensemble des travaux réalisés au cours des diverses itérations du projet MISE, afin de décrire et de comparer les approches choisies et les solutions apportées.

MISE 1.0 : Dans le cadre de la première itération MISE, la question de l'obtention du modèle technique a essentiellement été adressée par les travaux de thèse de Jihed Touzi, de Master de Wenxin Mu et de thèse de Sébastien Trupril. Au cours de la thèse de Jihed Touzi, l'objectif était de récupérer la connaissance contenue dans les modèles de processus pour proposer un modèle UML du SIM (reposant sur un métamodèle SOA inspiré de PIM4SOA (Benguria *et al.*, 2006)). Ce modèle du SIM est structuré selon trois compartiments : le package **données** (qui contient l'ensemble des informations qui circulent sur les *sequence flows* et *message flows* des processus collaboratifs BPMN), le package **services** (qui contient les fonctionnalités mobilisées par les *activités* des processus collaboratifs BPMN) et le package **workflows** (qui contient une structuration de la dynamique à orchestrer, directement inspirée de la structure des processus collaboratifs BPMN). Ces résultats, bien que très structurants pour le projet MISE n'adressent finalement que le troisième point (définition de workflows) de la démarche présentée en début de section. Ce sont les travaux de Master de Wenxin Mu et de thèse de Sébastien Trupril qui vont permettre de traiter les deux points manquants (l'identification des services et la traduction des données).

En effet, concernant le recensement des services techniques, le Master de Wenxin Mu a abouti au développement d'un outil d'enrichissement du modèle de SIM issu des travaux de Jihed Touzi. Cet outil logiciel est en charge de récolter, auprès de l'utilisateur humain, ou directement dans des fichiers WSDL (Web Service Description Language, descriptif des services) les informations relatives à l'implémentation technique des services. Il s'agit donc d'un enrichissement manuel ou automatique des services techniques présents au sein du modèle UML du SIM **mais qui nécessite d'avoir au préalable identifié ces services** (en tant que « coquilles » vides représentatives de services techniques réels). Les travaux de thèses de Sébastien Trupril gomment même intégralement la distinction entre *capacité métier* et *service technique* en récoltant initialement les *capacités* des acteurs en fonction des *services technique* qu'ils proposent. Ce mécanisme de correspondance bijective entre *capacité* et *service* simplifie évidemment la première des étapes proposées en début de section mais constitue par ailleurs une hypothèse restrictive forte : on ne caractérise plus la partie « partenaires » du modèle de collaboration au travers de leurs capacités métier (que savent faire les partenaires) mais directement au travers de leurs services techniques (les outils dont ils disposent). Ainsi, si dans un contexte de gestion de crise, on peut admettre que, puisque les partenaires disposent de très peu de services techniques natifs, il est raisonnable d'envisager le développement « à la volée » des interfaces correspondant à l'invocation des compétences métier (et donc de légitimer cette hypothèse d'équivalence entre capacités métier et services techniques), dans un contexte moins spécifique en revanche, il y a fort à parier que les SI des partenaires soient plus matures et disposent d'un ensemble conséquent de services techniques déjà déployés dont la granularité risque d'être bien plus fine que celle des compétences métier (remettant forcément en compte l'idée d'équivalence bijective).

Sur le plan de la gestion des données et de leur circulation, les travaux de Jihed Touzi (Touzi *et al.*, 2009) et de Wenxin Mu (Mu *et al.*, 2011) identifient les services de médiation comme des fonctionnalités intermédiaires chargées de transformer les informations qui circulent entre le médiateur et chaque partenaire. Néanmoins, ces services de médiation sont simplement positionnés comme des « coquilles » vides chargées de transformer des données afin qu'elles soient compréhensibles pour un partenaire (sens montant) ou qu'elles soient exploitables par la suite du processus (sens descendant). Les travaux de

Sébastien Truptil ajoutent à cette vision la possibilité de définir des tables de correspondances (statiques) entre les données des partenaires concernées par la dynamique collaborative. Ces tables de correspondances peuvent ensuite être utilisées pour configurer les services de médiation et les rendre efficaces vis-à-vis de leur mission de transformation de données au cours de la collaboration.

Enfin, pour la définition des workflows, si, comme expliqué précédemment, les travaux de Jihed Touzi permettent de construire un modèle de SIM qui intègre une description de la structuration des workflows, ce sont les résultats des travaux de Sébastien Truptil qui prennent concrètement en charge la génération des workflows en assurant la transformation depuis le modèle UML du SIM vers le formalisme BPEL (Business Process Execution Language). Cette transformation est extrêmement importante au sein de la démarche MISE car elle aboutit concrètement et automatiquement à un composant comportemental formalisé à partir du modèle UML construit par les phases précédentes (travaux de thèse de Jihed Touzi et de Master de Wenxin Mu).

MISE 2.0 : Dans le cadre de la deuxième itération du projet MISE, la problématique de la définition des composants comportementaux exécutables repose principalement sur les travaux de thèse de Nicolas Boissel-Dallier. Ces travaux, héritiers des résultats de MISE 1.0, s'orientent clairement vers la prise en charge des trois étapes identifiées précédemment. Pour ce faire, la notion de sémantique (et de sémantisation) a été intégrée de manière centrale à l'itération MISE 2.0. Dans ce contexte, les études de Nicolas Boissel-Dallier ont abouti à la sélection de BPMN 2.0 en tant que formalisme de description du comportement collectif (ce qui s'avère pleinement compatible avec les travaux de thèse de Wenxin Mu évoqués lors de la section précédente). Un critère important de ce choix concerne l'existence dans la norme BPMN 2.0 d'un champ d'annotation libre, utilisable pour les annotations sémantiques. Il est donc proposé d'utiliser une ontologie de domaine (qui décrit les notions et concepts inhérents au domaine métier considéré) afin d'annoter sémantiquement les éléments issues du modèle de comportement collaboratif métier (cf. section précédente). Ces annotations concernent en particulier les *capacités* des partenaires sélectionnés à prendre en charge opérationnellement les *activités* des *processus* collaboratifs en se basent essentiellement sur la caractérisation des *entrées*, des *sorties* et des *opérations internes* de chaque *capacité*. De manière parfaitement symétrique, il est proposé d'utiliser un formalisme de description des services techniques qui permettent de les annoter sémantiquement. SA-WSDL (Semantic Annotation WSDL) a donc été retenu pour permettre de caractériser les *entrées*, *sorties* et *opérations internes* des *services techniques*. On aboutit ainsi, d'une part à des modèles de *capacités métier* et, d'autre part à des documents de description de *services techniques* annotés et caractérisés sémantiquement grâce aux éléments d'ontologies de domaine.

Concernant l'identification des services techniques pertinents pour assurer les activités métier qui composent les processus collaboratifs, les travaux de Nicolas Boissel-Dallier utilisent l'annotation sémantique des capacités et des services techniques (sur les trois plans *entrées*, *sorties* et *opérations internes*) pour appliquer des mécanismes de comparaison hybrides (*i.e.* à la fois syntaxique et sémantique) qui permettent de classer les services techniques disponibles en fonction du profil de l'activité métier à assurer. Cette première approche, détaillée dans (Bénaben *et al.*, 2012), offre des résultats tout à fait satisfaisants mais présente également un inconvénient embarrassant : elle ne s'intéresse qu'à la mise en correspondance **1-1** des compétences métier et des services techniques. Cette hypothèse est difficile à assumer dans la mesure où il existe une différence de granularité presque native entre compétences métier et services techniques (les deuxièmes étant généralement beaucoup plus fins que les premières). Par ailleurs, au delà de cette différence de granularité (qui n'est finalement qu'une caractéristique structurelle subie), il est évidemment intéressant intellectuellement de considérer qu'on va s'autoriser à combiner des fonctionnalités métier pour sélectionner un service technique couvrant, ou l'inverse, combiner des briques fonctionnelles techniques atomiques pour satisfaire des attentes métier plus vastes. La réconciliation sémantiques **n-m** est alors la réponse logique à ces considérations. Basée sur la version **1-1**, cette évolution pluraliste pourrait éprouver l'ensemble des combinaisons de services techniques accessibles vis-à-vis de l'ensemble des combinaisons de capacités métier concernées par les processus modélisés. L'explosion combinatoire qui apparaît alors relativise évidemment cette tentation. En revanche, sur la base de cette idée irréaliste, le principe retenu est de définir puis de confronter des sous-ensembles « crédibles » de services techniques et de compétences métier. La notion de « crédible » sous-entend que ces sous-ensembles peuvent être définis sur la base de l'historique, de la structure du processus ou des profils sémantiques. La figure suivante illustre le mécanisme de réconciliation sémantique des capacités métier et des services techniques :

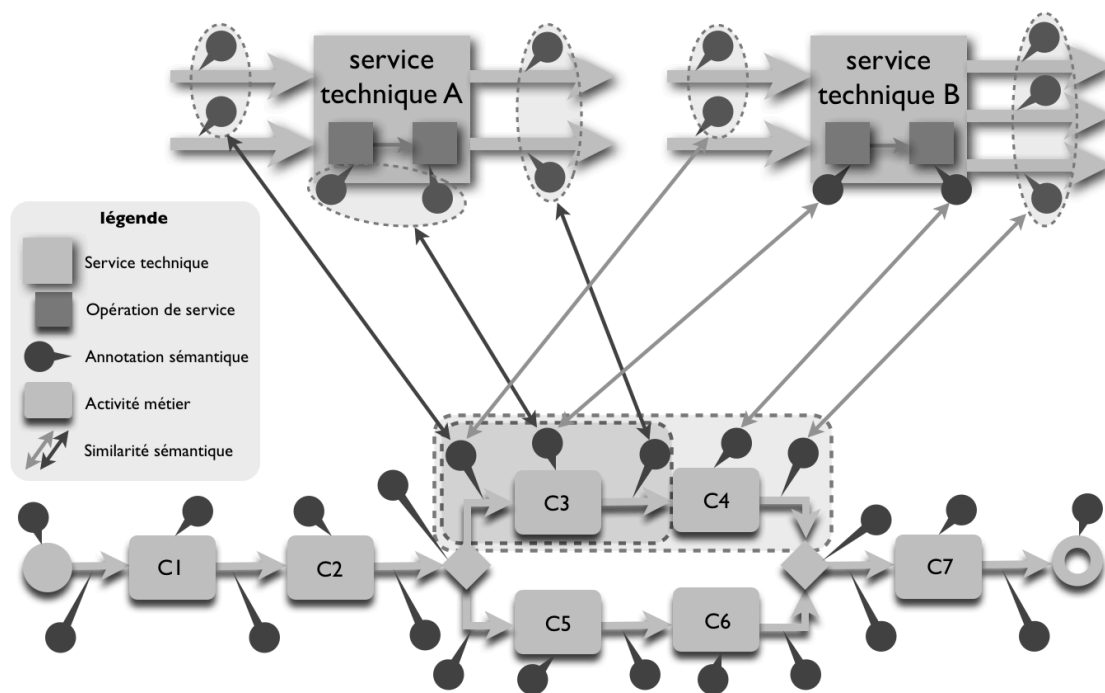


Figure 2.23 La réconciliation sémantique des services.

On retrouve en particulier le fait que les annotations sémantiques des *entrées*, *sorties* et *opérations internes* du service technique A lui permette de correspondre au profil attendu pour l'activité du processus mettant en œuvre la capacité C3. De même, le profil sémantique du service technique B peut couvrir (en termes d'*entrées*, de *sorties* et de *comportement interne*) les attentes relatives à l'enchaînement des invocations des capacités C3 et C4.

Concernant la deuxième étape de gestion des transformations de données, les travaux de N. Boissel-Dallier se focalisent sur la définition de services de gestion des données à intercaler entre les services à valeur ajoutée. Ainsi, lorsque les services techniques (en charge de réaliser les fonctions métier nécessaires au bon déroulement des activités constitutives du modèle de processus) ont été sélectionnés, on est en droit d'émettre l'hypothèse qu'il ne reste plus que des transformations de données relativement simples à réaliser (tout simplement parce que si lesdites transformations de données étaient compliquées, de l'ordre de la conversion d'un fichier CAO par exemple, une fonction métier aurait été identifiée en tant que responsable de cette activité). Pour réaliser ces conversions et traductions de données, les travaux de N. Boissel-Dallier s'appuient sur trois bases de connaissances complémentaires (en lien plus ou moins direct avec les concepts de l'ontologie de domaine ou avec des concepts « universels ») :

- La base de factorisation qui définit les possibilités de décomposition de concepts issus de l'ontologie de domaine (par exemple, en français, une date se décompose en *jour/mois/année* alors qu'en anglais américain, elle se décompose en *mois/jour/année*, qui plus est, selon les formats, elle intègre ou non l'horaire, avec plus ou moins de précision...).
- La base de formules qui contient autant de mécanismes de conversions (par exemple, la formule de transformation des *mètres* en *millimètres*, des *degrés Celsius* en *degrés Fahrenheit* ou *Kelvin*, des *inches* en *feet* ou en *centimètres*...).
- La base d'expressions régulières qui précise le domaine de définition et les règles d'écritures pour l'ensemble des concepts valables (par exemple, le fait que le concept d'*année* soit défini sur quatre caractères correspondant à des entiers entre 0 et 9, etc.).

Le principe est ensuite, pour un service technique donné dont on recherche les entrées, de commencer par rassembler l'ensemble des données utilisables. Ces données correspondent globalement aux sorties de tous les services techniques figurant « avant » dans le workflow, *i.e.* ceux dont on sait qu'ils ont été exécutés avant l'invocation du service courant. Néanmoins, au-delà de cette idée, les travaux de N. Boissel-Dallier traitent les subtilités de cette situation en gérant en particulier les cas des boucles (quels services ont été exécutés par les itérations précédentes ?), le cas des parallélismes (quelles branches ont été exécutées) et les autres spécificités des modèles de workflows potentiellement compliqués.

Sur la base des données ainsi sélectionnées, trois étapes vont être appliquées successivement :

1. Mise en correspondance hybride (syntaxique et sémantique) similaire à ce qui est appliqué pour la sélection de services techniques à partir des activités métier (dans ce cas particulier, il s'agit de données cibles et de données sources). Cette étape permet de sélectionner parmi les données disponibles celles qui se rapprochent (sémantiquement et/ou syntaxiquement) des données qu'on cherche à obtenir.
2. A partir de la base de factorisation (et de la base d'expressions régulières), il va ensuite être possible de définir des transformations syntaxiques pour obtenir les données cibles à partir des données sources.
3. A partir de la base de formules (et de la base d'expressions régulières), il va ensuite être possible de résoudre les éventuelles divergences d'unités ou de formats afin d'affiner la définition des données cibles depuis les données sources.

Par ailleurs, il est important de noter que les travaux de thèse de S. Zribi s'associent à ce traitement en étudiant un mécanisme complémentaire destiné à améliorer cette sélection de services techniques. Ces travaux proposent tout d'abord d'annoter et de renseigner, de manière complémentaire, les modèles de processus collaboratifs en termes d'exigences non-fonctionnelles (performance, qualité, etc.). Dans un deuxième temps, ces annotations sémantiques pourront être utilisées pour être comparées, non pas au contenu des fichiers SA-WSDL (comme pour les annotations sémantiques), mais plutôt aux contrats de SLA (Service Level Agreement) afin d'améliorer les algorithmes de sélection des services.

Concernant enfin la définition de workflows, il est clair qu'une fois les *services techniques* sélectionnés, leur *ordonnement* déterminé et *l'alimentation* de tous ces services en données d'entrées assurée, cette question n'est plus réellement problématique. Les workflows sont implicitement définis par tous ces éléments. En revanche, il demeure des interrogations quant au formalisme de description de ces workflows. Aujourd'hui, du fait des travaux hérités de MISE 1.0 et des spécificités techniques de l'orchestrateur que nous utilisons au sein de l'ESB Petals, ces workflows sont décrits au travers de fichiers BPEL. Pour autant, les potentialités offertes par BPMN 2.0, et en particulier son objectif d'assurer la jonction entre modélisation de processus et exécution de workflow (en étant à la fois un formalisme graphique de modélisation de processus métier et un langage exécutable), laisse évidemment à penser que la troisième itération de MISE devra tenir compte du fait que la distance entre modélisation de processus et exécution de processus se réduit. Il sera peut-être alors temps d'abandonner, non pas la réconciliation sémantique telle qu'évoquée précédemment mais peut-être la volonté du passage vers un autre langage que BPMN. Autrement dit, si la distance conceptuelle entre le domaine métier et le domaine technique ne semble pas amenée à se réduire (ils demeurent à des niveaux d'abstraction différents), la nécessité d'utiliser des langages différents pour représenter les processus métier et les workflows techniques tend quant à elle à disparaître (puisque BPMN peut s'avérer utilisable pour représenter ces deux niveaux d'abstraction distinct).

Au-delà des considérations précédentes, relatives à la construction, au travers des deux premières itérations du projet MISE, des workflows à partir des modèles de processus métier, il est nécessaire de souligner également un autre point : Si MISE 1.0 vise essentiellement l'obtention d'un workflow collaboratif **orchestrable** (au travers d'une infrastructure ESB et d'un orchestrateur associé), MISE 2.0 s'intéresse à la construction d'un ensemble de workflows **chorégraphiables**. Dans ce contexte MISE 2.0, l'infrastructure ESB et l'orchestration reste bien entendu pertinentes, en particulier afin d'assurer les échanges et la dynamique au niveau de chaque workflow, mais c'est l'architecture dirigée par les événements (EDA) qui assure le niveau de chorégraphie complémentaire et la gestion des échanges inter-workflows. On aboutit ainsi à une architecture au sein de laquelle l'orchestration (intra-workflow) est assurée par la SOA et la chorégraphie (inter-workflows) par l'EDA.

Parenthèse IDM : Vis-à-vis de la section VI de la partie 1 (qui explicite le principe de transformation de modèles) et en particulier la figure 1.14, on peut considérer que la transformation de modèles qui permet d'aboutir au modèle de workflows et donc de SI de médiation (à partir des modèles de processus métier) telle que présentée dans les lignes précédentes, s'appuie sur un *modèle source* (i.e. les schémas des processus collaboratifs), auquel on applique des règles de transformation (en particulier les règles relatives à la réconciliation sémantique *activités métier / services techniques* et *données métier / informations techniques*) et on apporte une *connaissance additionnelle* (i.e. les compléments techniques et les *ontologies complémentaires*) pour générer le *modèle cible* (i.e. les schémas de *workflows exécutables* mobilisant les services techniques des partenaires).

Restriction 3 : Une constatation complémentaire concerne le fait que vis-à-vis de la gestion des exigences non-fonctionnelle (en particulier la mesure de performance), le monitoring (d'orchestration et de chorégraphie) s'avère une fonctionnalité non-prise en charge à l'heure actuelle par les outils MISE mais qui apporterait une réelle valeur ajoutée, notamment concernant la détection des évolutions et la nécessité d'adaptation.

V. Déploiement et agilité

Parmi les étapes composant le cycle général MISE (cf. figure 2.1), le *déploiement* et l'*agilité* du MIS sont les seules dédiées spécifiquement au Run-Time. Toutes les autres étapes, présentées précédemment (*modèle de collaboration*, *modèle de dynamique* et *modèle de SI*), relèvent du Design-Time. Cette section ambitionne de décrire conjointement ces deux derniers composants de la démarche MISE.

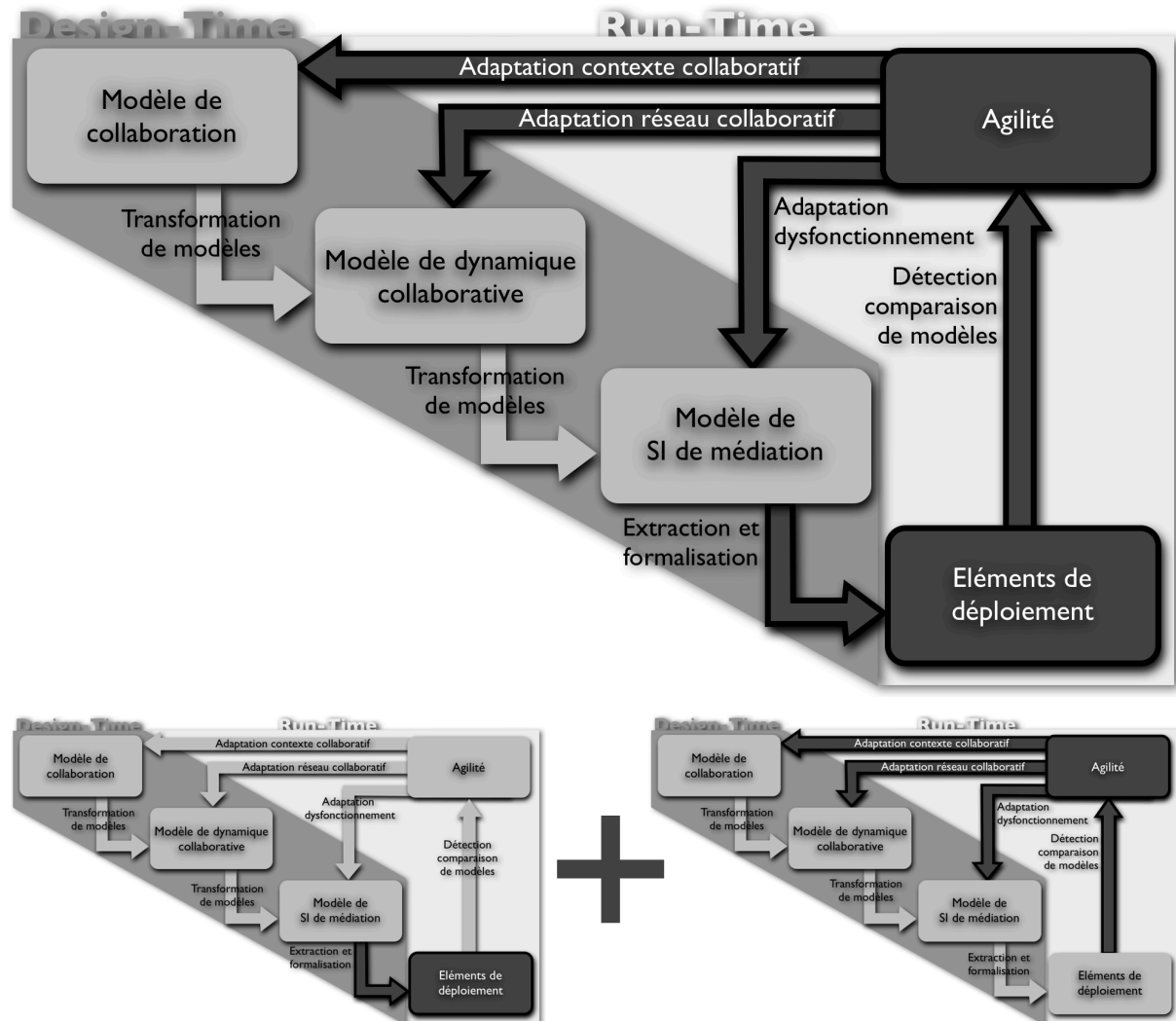


Figure 2.24 Positionnement de la section V.

Concernant tout d’abord la question du **déploiement** opérationnel, il repose sur un bus de services (ESB). Sur la base des considérations exposées en première partie de ce document (section 4), c’est en effet cette technologie, implémentant le paradigme SOA, qui a été choisie au travers de la plateforme *Petals ESB*. Ce bus de services respecte la norme JBI (Java Business Interchange) et propose un certain nombre de *composants de liaison* (BC pour binding component, *i.e.* des « connecteurs ») vers les standards SOAP, FTP, EJB, SFTP, MAIL, etc. Par ailleurs ce bus de services intègre également nativement un moteur d’orchestration *SE-BPEL* capable d’exécuter un fichier BPEL. De plus amples détails concernant ce type d’infrastructure sont donnés en Annexe IV, la suite de cette section s’adresse à un public familier de ce type d’infrastructure JBI (*i.e.* au niveau de ce qui est présenté en Annexe IV) et ambitionne de proposer une petite parenthèse technique afin d’explicitier l’étape de déploiement du cycle MISE (déploiement dont la description peut difficilement s’affranchir d’une vision technologique).

Compte tenu de ce choix technologique, la liste des éléments directement exploitables (en tant que composants de l’infrastructure sélectionnée ou issus des phases précédentes de la démarche MISE) est donc la suivante :

- Le bus de services Petals ESB,

- Le service d'orchestration SE-BPEL,
- Les composants de liaisons BC-SOAP, BC-FTP, BC-EJB, BC-SFTP, BC-MAIL,
- Les fichiers WSDL (et même SA-WSDL) de tous les services sélectionnés lors de l'étape précédente, contenant la spécification des entrées et sorties du service, la description de ses opérations et le protocole de communication associé (et donc l'information concernant le BC concerné).
- Les fichiers BPEL (voire BPMN 2.0) des workflows construits lors de l'étape précédente.

Sur la base des éléments précédents, et compte tenu des spécificités de l'architecture JBI, l'objectif est donc de définir deux types de fichiers : (i) les *Service Assemblies* (SA) des services dont on dispose des fichiers WSDL et (ii) les *Service Assemblies* des workflows (SA-BPEL).

Chaque fichier SA doit contenir : (i) le lien vers le BC ou le SE dont le SA cherche à assurer la connexion au bus Petals ESB, et (ii) tous les *Service Units* (SU) de tous les services concernés par ce BC ou ce SE. Or, les WSDL des services concernés par la collaboration (*i.e.* ceux sélectionnés lors de l'étape précédente) détaillent en particulier le protocole de communication associé, ce qui permet de disposer des informations pour réaliser la génération automatique du fichier SA. Ce fichier SA doit alors être complété à l'aide, d'une part des fichiers de connexion (les liens BC/SE) et d'autre part des fichiers SU (grâce aux spécifications des entrées / sorties contenues dans les fichiers WSDL). Dans MISE 1.0 comme dans MISE 2.0 (et tant que la plateforme support restera un bus basé sur le standard JBI), c'est un code JAVA qui assure cette fonctionnalité.

Les fichiers SA-BPEL, de manière assez similaire aux fichiers SA, doivent contenir : (i) le lien vers l'orchestrateur en charge d'assurer l'exécution de chaque workflow, (ii) un fichier SU-BPEL qui contient à son tour les fichiers WSDL des services concernés par le workflow, le fichier décrivant le workflow en BPEL et un fichier spécifique dédié à relier les services à leur adresse physique (endpoints). Dans MISE 1.0 comme dans MISE 2.0, le lien vers l'orchestrateur est aujourd'hui une connexion statique vers le service d'orchestration SE-BPEL. Une simple copie permet ensuite d'intégrer les fichiers BPEL issus de la phase précédente du cycle MISE au sein des SA-BPEL. Sur la base de leur présence au sein de ces BPEL, les fichiers WSDL des services concernés sont également copiés au sein des SA-BPEL. Enfin, une transformation ATL est utilisée pour générer le fichier spécifique aux *endpoints*.

L'obtention des fichiers SA spécifiques aux services (contenant les liens vers les BC/SE et les SU des services concernés) et des fichiers SA-BPEL spécifiques aux workflows (contenant le lien vers l'orchestrateur et les SU-BPEL) permet de réaliser le déploiement adéquat du bus de services et donc de disposer automatiquement, à l'issue de l'étape d'un Système d'information de médiation concrètement et techniquement exploitable.

Concernant à présent la question de l'**agilité**, il faut préciser au préalable que cette ambition s'est rapidement révélée incontournable, en particulier dès lors que le domaine de la gestion de crise est devenu un contexte applicatif prioritaire. Le principe qui a alors sous-tendu les travaux relatifs à cette question de la prise en charge de l'agilité se base sur l'analogie suivante : « *il serait très intéressant que la chaîne de montage de mon véhicule soit embarquée sur ce dernier afin de permettre à tout moment, voire en cours d'utilisation du véhicule, d'effectuer les ajustements ou les modifications majeures pertinentes par rapport aux modes d'utilisation. Il ne s'agit pas d'un véhicule configurable (décapotable ou allongeable) dont les évolutions seraient statiques et prédéterminées, mais d'un véhicule intégralement redéfinissable selon le besoin.* » Cette image simpliste s'appuie clairement sur les considérations relatives au traitement de l'agilité présentées en section VII de la première partie (en particulier au travers du cadre de Fraunhofer et de la figure 1.15) pour statuer sur le fait que le projet MISE, dans ses deux premières itérations tout du moins, se focalise sur un traitement complet et en Run-Time de l'agilité (*i.e.* conception Ad hoc sur la figure 1.15).

En termes d'implémentation des composants du Design-Time (soient *les composants de la chaîne de montage* de l'analogie précédente), chaque étape du cycle MISE se trouve instrumentée sous la forme d'un composant logiciel. Des outils logiciels ont donc été développés (au cours des thèses et projets financés concernés) pour assurer les fonctions de *modélisation de situation collaborative*, *déduction de comportement collaboratif*, et *déduction de modèle de workflow*. Bien entendu, plusieurs versions de ces outils ont été réalisées. Il est clair que l'outil réalisé par V. Rajsiri est différent de celui proposé par W. Mu, même s'ils se focalisent l'un comme l'autre sur la *déduction de comportement collaboratif*. Néanmoins, avec la thèse de S. Truptil, s'est produite une évolution conséquente en termes de développement et d'implémentation autour du projet MISE. En effet, devant réutiliser les travaux (et prototypes logiciels) de J. Touzi et V. Rajsiri tout en apportant la prise en charge de l'agilité (et en particulier des mécanismes d'adaptation), S. Truptil a décidé de transformer les outils logiciels (de Design-Time) en web-services : En

effet, considérant d'une part que le système cible, *i.e.* le SIM (soit le *véhicule* de l'analogie précédente), repose sur l'infrastructure orientée-services Petals ESB et que l'idée principale est d'embarquer les composants logiciels de Design-Time (soient *les composants de la chaîne de montage* de l'analogie précédente) au sein de ce système cible. La conséquence fut l'obtention d'une plateforme ESB (basée sur Petals ESB) dédiée au Design-Time et embarquant l'ensemble des composants logiciels issus des travaux précédents (thèses et projets). La figure suivante présente cette architecture de Design-Time :

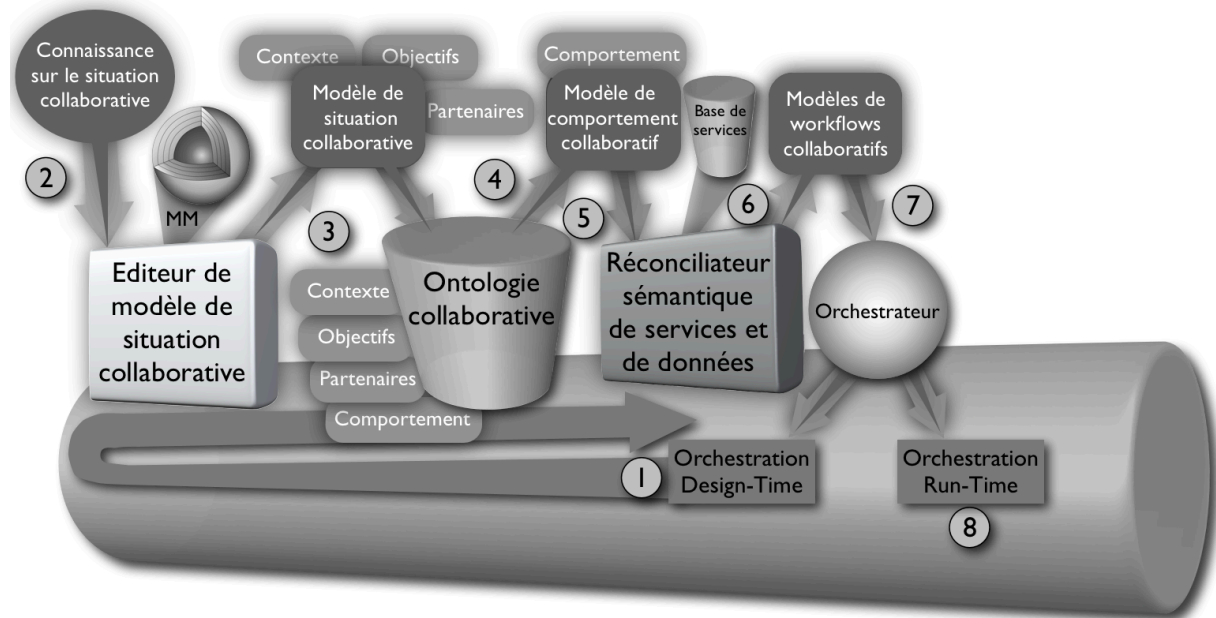


Figure 2.25 L'architecture technique générale de la plateforme MISE – Design-Time.

Cette phase de Design-Time peut être décrite par les huit étapes représentées sur la figure 2.25 :

1. L'orchestrateur de l'ESB exécute le workflow de Design-Time, *i.e.* invoque successivement les services correspondant aux étapes du cycle MISE.
2. La connaissance relative à la situation collaborative est injectée dans l'éditeur de modèles (basé sur le métamodèle de situation collaborative)
3. Le modèle caractérisant la situation collaborative (embarquant la connaissance relative au contexte, aux objectifs et aux partenaires) est extrait afin d'être injecté (sous la forme d'instances et de relations) au sein de l'ontologie de collaborations.
4. Les règles de déduction sont appliquées dans l'ontologie sur les instances ajoutées précédemment afin d'extraire, sous la forme de modèles de (cartographies de) processus collaboratifs, les éléments de comportement pertinents par rapport à la caractérisation de la situation.
5. Les modèles de processus collaboratifs sont injectés dans le réconciliateur sémantique, en charge de sélectionner les services pertinents (par rapport aux activités concernées) et d'ajouter des services de traduction de données.
6. La réconciliation opérée au niveau des services et des données permet de générer et d'extraire les workflows collaboratifs concrètement exécutables (représentatif du Run-Time).
7. Ces workflows collaboratifs sont transmis à l'orchestrateur SE-BPEL du bus Petals ESB.
8. L'orchestration des services des partenaires de la collaboration peut alors commencer, pourvu que ces services de Run-Time (probablement hébergés par les partenaires de la collaboration) soient également connectés au même bus.

La question de la prise en charge de l'agilité par une telle architecture technique passe nécessairement par la gestion de la **détection** et de l'**adaptation** dans un cadre **réactif** (comme décrit dans la section VII de la première partie). Si les travaux de S. Truptil évoqués précédemment sur l'architecture de Design-Time embarquée sur la même infrastructure technique que le système cible permettent d'envisager la prise en charge de l'*adaptation* (par l'invocation à volonté des services de Design-Time pour redéfinir le SIM), la *détection* demeure pleinement manuelle dans MISE 1.0 : il faut que l'utilisateur décide de la nécessité d'*adaptation* (auquel cas, le Run-Time peut être interrompu) afin de

relancer le cycle de Design-Time au stade le plus approprié d'après le jugement de l'utilisateur (selon les trois classes d'*adaptation* évoquées en début de section VII de la première partie).

Les travaux d'A.-M. Barthe-Delanoë, inscrits dans l'itération MISE 2.0, héritent de l'architecture SOA précédente (en mesure de supporter l'*adaptation*) et y ajoutent (en particulier dans le cadre des projets PLAY et SocEDA) une composante EDA afin de prendre en charge de manière complémentaire l'exigence de *détection*. Le principe est d'utiliser un composant de gestion des événements afin de recevoir tous les événements émis d'une part par les services de Run-Time (par exemple des comptes-rendus d'exécution ou des rapports d'avancement) mais également par tous les appareils susceptibles d'émettre des événements dans le périmètre considéré (par exemple des capteurs, des périphériques de communication, etc.). Ce composant (CEP pour *Complex Event Processing*). Le modèle initial de situation collaborative (celui construit à partir de la connaissance recueillie sur la situation collaborative et du métamodèle) est alors dupliqué pour donner lieu à deux modèles similaires. Le premier est le *modèle attendu* alors que le second est le *modèle terrain*. Ces deux modèles vont alors être mis à jour de manière continue en fonction de la réception des événements témoignant de l'avancement de la dynamique collaborative. Les événements provenant directement du terrain collaboratif (mesures, comptes-rendus terrain, etc.) vont permettre de faire évoluer le *modèle terrain* et de disposer ainsi d'une image au plus proche de la réalité. Les événements provenant de l'avancement des workflows (statut des activités, rapports d'exécution des services) vont quant à eux permettre de mettre à jour le *modèle attendu* en considérant que l'exécution des services permet d'atteindre systématiquement les résultats escomptés. Ce mécanisme permet de disposer à tout moment de deux images concurrentes qui correspondent pour la première à la situation réelle et pour la seconde à la situation escomptée. Compte tenu de ces éléments, la détection va consister à « mesurer » la distance entre ces deux modèles afin de diagnostiquer une divergence significative. La figure suivante illustre ce mécanisme

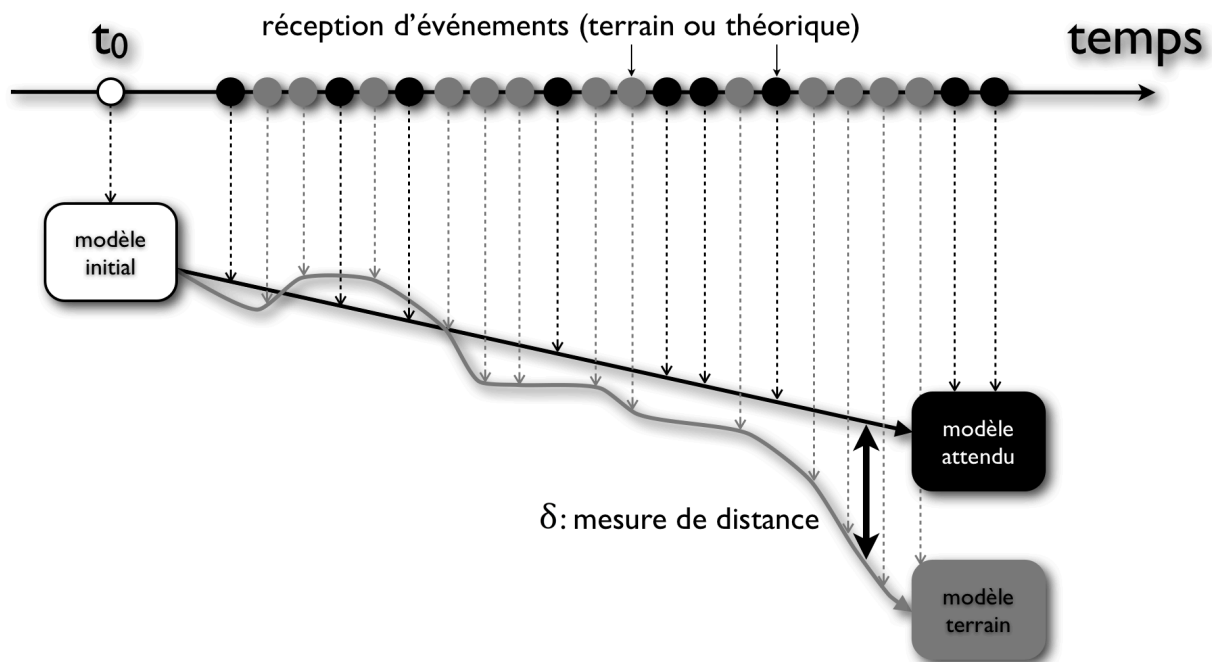


Figure 2.26 La mise à jour des modèles (attendu et terrain) et leur évolution dans le temps.

Dans le cadre des travaux de thèse d'A.-M. Barthe-Delanoë, la méthode de mesure de distance entre les deux modèles n'est pas encore déterminée. Il existe en effet de nombreuses pistes pour assurer cette mesure et l'enjeu des travaux d'A.-M. Barthe-Delanoë est essentiellement de sélectionner l'approche la plus pertinente et de l'adapter au type de connaissance manipulée. Une composante forte de ces travaux concerne la « qualification » de cette distance. Dans la mesure où cette mesure ne concerne pas deux points mais deux « nuages » de connaissance, il est en effet très important de pouvoir mesurer l'éloignement entre les deux modèles mais il est tout aussi important d'être en mesure de déterminer sur quelle(s) zone(s) des modèles porte cette divergence. On peut en particulier essayer de déterminer la nature de la divergence par rapport aux composants du métamodèle de situation collaborative. Cette qualification de la distance (qui permet de dire quels sont les concepts les plus concernés par cette éloignement) ouvre de très intéressantes perspectives d'exploitations en termes de détermination des

modes d'adaptation. Si l'on se réfère aux types d'adaptation évoqués au début de la septième section de la première partie, on peut considérer qu'un éloignement causé par une divergence au niveau des concepts représentatifs du *contexte* ou des *objectifs* de la situation nécessitera une adaptation revenant à la définition du modèle de situation collaborative (*l'adaptation contexte collaboratif* de la figure 2.24). Si les concepts concernés par la divergence relèvent plutôt des partenaires, l'adaptation devra se focaliser sur la déduction du comportement collaboratif (*l'adaptation réseau collaboratif* de la figure 2.24). Enfin, si la divergence relève du *comportement*, l'adaptation concernera alors plutôt la réconciliation sémantique afin de déterminer les services à (re-)exécuter (*l'adaptation dysfonctionnement* de la figure 2.24).

La figure suivante reprend la figure 2.25 qu'elle complète des composants relatifs au Run-Time. Cette architecture technique illustre en quoi l'utilisation d'une plateforme SOA-EDA permet concrètement la fusion du Design-Time et du Run-Time.

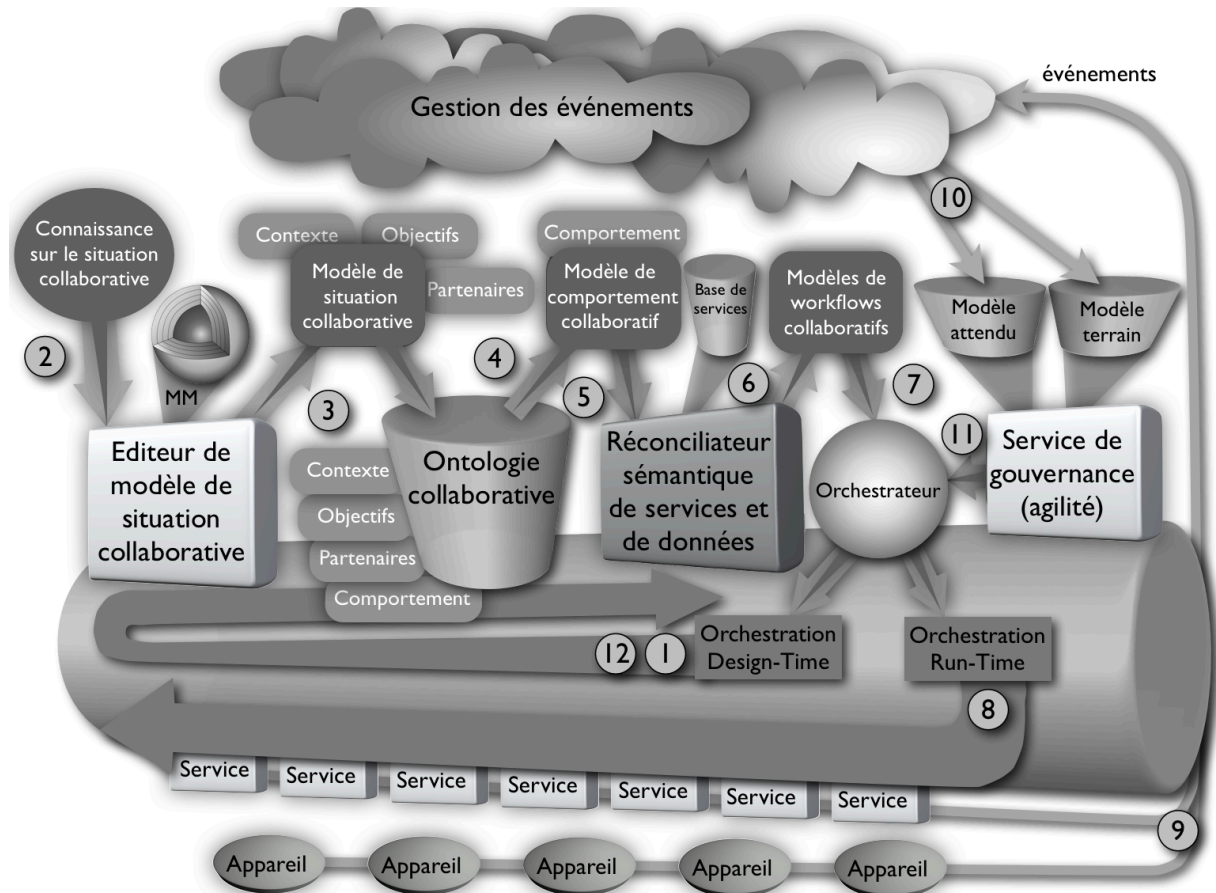


Figure 2.27 L'architecture technique générale de la plateforme MISE – Run-Time.

Aux huit étapes décrites précédemment s'ajoutent les étapes suivantes :

9. Les événements émis par les services (connectés au bus et invoqués en Run-Time) et les appareils (déployés sur le terrain de la collaboration) sont capitalisés et traités au sein du CEP afin de générer de nouveaux événements (par application de règles).
10. Les événements (reçus et/ou générés) sont utilisés pour permettre la mise à jour des modèles *terrain* et *attendu*.
11. Le service de gouvernance effectue la mesure de distance entre les modèles *terrain* et *attendu* afin de diagnostiquer (i) la nécessité d'une adaptation (détection) et (ii) la nature de cette divergence. Ce diagnostic permet de déterminer quel workflow de Design-Time doit être exécuté afin de réaliser le mécanisme de redéfinition le plus approprié (adaptation).
12. L'orchestrateur interrompt l'exécution du workflow de Run-Time (grâce à une fonctionnalité d'interruption du SE-BPEL de Petals ESB) et le workflow de Design-Time approprié est exécuté afin d'obtenir le nouveau workflow de Run-Time.

Il est important de noter que le nouveau workflow de Run-Time déduit tiendra implicitement compte des avancées de l'exécution précédente. En effet, structurellement, la (ou les) exécution(s) précédentes auront mis à jour les modèles *terrain* et *attendu* grâce à la récupération des événements. Cette mise à jour aura, par exemple supprimé certains objectifs ou modifié certains éléments de contexte (témoignant ainsi des conséquences directes des exécutions sur la situation). Or, c'est par rapport à cette nouvelle situation que le nouveau workflow de Run-Time sera construit, intégrant de fait les conséquences des exécutions précédentes.

Restriction 4 : En termes de perspectives ou de limites de la situation actuelles, on peut faire la distinction entre les restrictions relevant du déploiement et celle relevant de l'agilité :

- ***Concernant le déploiement, les travaux menés au sein des projets PLAY et SocEDA permettent le positionnement « cloud » de la partie « gestion des événements ». Néanmoins, on est en droit d'attendre que les autres étapes, et en particulier le déploiement du SIM s'appuient également sur une plateforme « cloud ». Cette perspective permettrait de déporter tout le support de la collaboration au sein d'une plateforme « cloud » (PaaS) ce qui est justement le sujet du projet OpenPaaS.***
- ***Concernant l'agilité, deux éléments constitue indubitablement des restrictions dans la situation actuelle : (i) les éléments non-fonctionnels (et principalement la performance) ne sont pas pris en compte dans la phase de détection, (ii) d'autre part, le mécanisme décrit précédemment (MISE 2.0) bascule drastiquement dans une vision opposée à la détection manuelle proposée dans MISE 1.0. Il serait sans doute très bénéfique que MISE 3.0 réintègre l'utilisateur dans la boucle d'agilité, en particulier au travers de système d'aide à la décision.***

VI. Application à la gestion de crise

Le domaine de la gestion de crise a été identifié et décrit (huitième section de la première partie) comme un domaine d'application particulièrement pertinent vis-à-vis de ce que le projet MISE ambitionne de construire. Au cours des six dernières années du projet MISE (depuis 2006), ce champ d'investigation est devenu la thématique support des recherches menées, en particulier du fait du niveau d'exigence qui lui est associé : criticité du contexte (les enjeux sont les plus importants que l'on puisse trouver), incontournable dynamique (une situation de crise est l'un des systèmes complexes les plus instables qu'il soit donné). Ainsi, depuis 2006, on peut recenser pas moins de quatre projets dans lesquels la thématique centrale (ou tout du moins la thématique relative à notre implication et à notre activité dans le projet) concerne directement la gestion de crise.

Le projet **ISyCri** (ANR/06/SECU/006), issu de l'appel CSOSG 2006 et terminé en février 2010, se focalisait plus particulièrement sur les mécanismes et outils utiles à la cellule de crise pour se préparer et répondre à une situation de crise sur le plan opérationnel. Le projet ISyCri ne prenait pas du tout en compte ni les phases de prévention et de rétablissement, ni les niveaux décisionnel ou support (qui n'étaient que très partiellement adressés et ce de manière diffuse dans les processus opérationnels), ni les interactions aux niveaux du théâtre de la crise (les échanges entre les cellules de crise et les opérationnels sur le terrain étant à la charge des réseaux personnels des corps de métiers impliqués). Un certain nombre de scénarios ont été utilisés, provenant pour certains de retours d'expérience et pour d'autres d'exercices réels menés conjointement avec la préfecture du Tarn : en particulier un exercice SATER (secours aéro-terrestre) grandeur nature et un exercice NRBC (Nucléaire Radiologique Biologique Chimique) dans les locaux même de l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux.

Le projet **PLAY** (ICT Call 5, topic ICT-2009.1.2 : Internet of Services, Software and Virtualisation - Service Architectures and Platforms of the Future Internet), démarré en octobre 2010, s'intéresse à l'orchestration et à la chorégraphie des architectures informatiques distribuées par la gestion des événements informatiques générés. Dans ce contexte, un cas d'usage portant sur le pilotage d'une situation de crise au sein d'une centrale nucléaire, doit permettre de fournir aux cellules de crise la possibilité de piloter des processus décisionnels, opérationnels et supports durant la phase de réponse. Les communications au niveau du terrain ne sont pas adressées par ce projet. Notons au passage que le projet **SocEDA** (ANR/2010/ARPEGE) couvre le même périmètre que le projet **PLAY**.

Le projet **SIM-PeTra** (Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement – PREDIT G02 2011), démarré en octobre 2011 concerne la définition d'un SI de médiation spécifiquement dédié à la gestion des crises routières dues aux intempéries. Focalisé en particulier sur l'intégration des outils existants (gestion du trafic, rapports météorologiques, conditions de circulation, etc.) et sur l'introduction de mécanismes d'aide à la décision, ce projet adresse en particulier la phase de préparation.

Ces projets peuvent être positionnés sur le référentiel de gestion de crise (proposé en huitième section de la première partie, figure 1.17) afin d'illustrer leur diversité et leurs complémentarités. Ce positionnement permet en particulier de délimiter les contours du projet MISE à l'égard de la thématique particulière de gestion de crise :

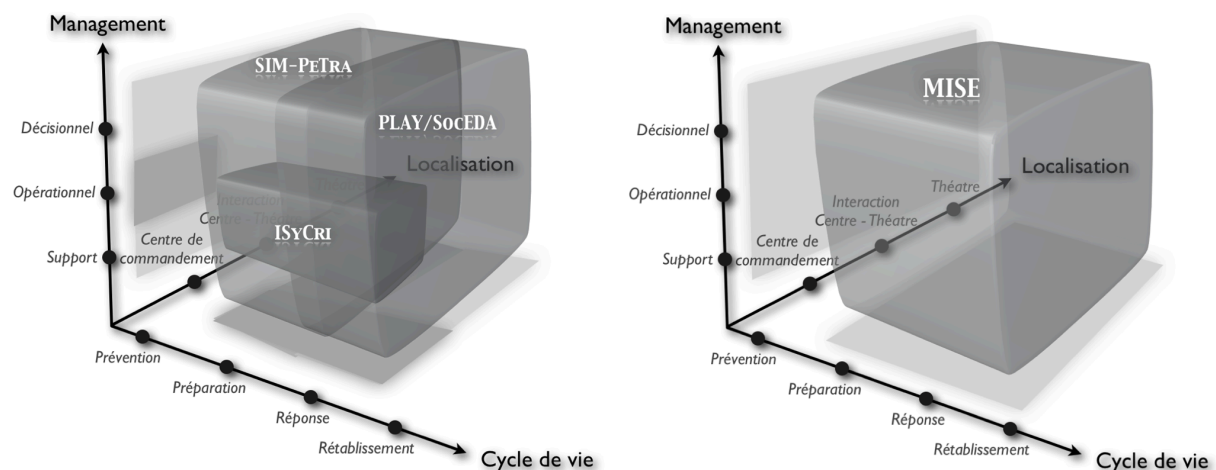


Figure 2.27 Référentiel de gestion de crise et positionnement de MISE et des projets menés

On constate ainsi un positionnement actuel principalement sur les phases de préparation et de réponse, une couverture relativement complète des processus décisionnels, opérationnels et supports et enfin un centrage sur la cellule de crise mais que les travaux engagés sur la gestion des événements (EDA et internet of things) ont largement permis d'étendre sur les échanges cellule-théâtre et même sur le théâtre de la crise lui-même.

Par rapport aux itérations du projet, MISE 1.0 a permis d'aborder cette thématique de la gestion de crise au travers de la thèse de S. TRUPTIL et du projet ISyCri et s'est donc principalement centré sur la phase de réponse, et sur la cellule de crise. MISE 2.0, par l'intermédiaire du projet PLAY, du projet SocEDA et de la thèse d'A.-M. Barthe-Delanoë est demeurée positionnée sur la phase de réponse mais a élargi le périmètre au théâtre de la crise et aux échanges entre la cellule de crise et le théâtre. Enfin, MISE 3.0, par le biais du projet SIM-PeTra et de la thèse de G. MACÉ-RAMÈTE maintient cette couverture en y ajoutant la phase de préparation. S'il est évident que le projet MISE maintiendra la gestion de crise au centre de ses préoccupations, rien n'indique cependant que la couverture assurée vis-à-vis du référentiel de gestion de crise ne soit amenée à augmenter. Les questions de la prise en compte des phases de prévention ou de rétablissement doivent en particulier être étudiées en détails afin de déterminer si elles présentent un enjeu concret par rapport aux problématiques de collaboration et de prise en charge de l'interopérabilité.

Enfin, il est également important de proposer un premier bilan par rapport à ces six premières années d'exploration de ce domaine d'application : il est clair, et cela a déjà été détaillé auparavant, que le sujet de la gestion de crise constitue un champ d'application idéal pour les questions de prise en charge de la collaboration et de gestion de l'interopérabilité. Néanmoins, force est de constater que l'investissement des équipes de recherche s'avère consistant au niveau des questions métier (logistique, sciences sociales), poussé au niveau des questions technologiques (matériel électronique, capteurs, drones, etc.) mais relativement faible concernant l'étude de la collaboration d'organisation et l'interopérabilité de systèmes d'information. Cet état de fait relève en particulier de la faiblesse de l'informatisation de la gestion de crise. Ce domaine demeure en effet régi par *l'action*, *la décision* et *la crainte de la défaillance*. Même si cette tendance évolue, les systèmes informatisés semblent pour l'instant relativement exclus de ce tryptique (par les acteurs de la gestion de crise et leur culture). Néanmoins, plusieurs constats peuvent être dressés face à cette situation :

- La sempiternelle ritournelle concernant la crainte du remplacement de la gestion et de la décision humaine en situation de crise par les systèmes informatisés est aussi infondée que systématique. La nécessité incontournable de laisser au pilote humain (de même que dans le domaine de l'aviation) la suprématie décisionnelle n'est pas et n'a jamais été contestée par le projet MISE et les approches qu'il met en œuvre. Néanmoins, la puissance des outils de gestion de connaissance et la rigueur des mécanismes d'orchestration doivent indubitablement constituer des supports de choix à cette gestion humaine. Refuser l'aide que ces progrès peuvent apporter sous prétexte qu'on en comprend mal les limites et qu'on craint qu'il ne remplace l'humain semble déraisonnable et rétrograde : la confusion entre *orchestrateur* et *décideur* est grossière.
- Un deuxième point qui résulte très souvent de la confrontation des acteurs opérationnels de la gestion de crise avec les travaux du projet MISE concerne la crainte de la défaillance : « et si le système de médiation tombe en panne ? ». La réponse la plus naturelle revient à remarquer que les sapeurs-pompiers du XXème siècle ont finalement bien fait de se poser moins de questions quand à l'adoption de véhicules d'intervention à moteur (pourtant faillibles). Il est en effet largement préférable aujourd'hui de voir arriver rapidement un camion sur un incendie plutôt qu'une carriole tirée par quelques chevaux. Au delà de la formule provocatrice apparaît la question de la maturité du système qui constitue indubitablement une question incontournable dans ce type de contexte mais n'en est pas pour autant une cause d'exclusion (surtout pas définitive).
- La remarque la plus improbable concernant toujours l'application des résultats du projet MISE dans le domaine de la gestion de crise concerne la question de la traçabilité des actions : il ne faut pas que les intégrations de ces nouvelles potentialités techniques se fassent dans le but d'augmenter la surveillance des acteurs de la gestion de crise. Cette remarque traduit bien entendu un certain inconfort des acteurs humains vis-à-vis d'une situation actuelle qu'ils craignent de voir se dégrader et dont ils ressentent que les apports de travaux tels que ceux menés au cours du projet MISE pourraient être des facteurs amplifiants. Néanmoins, toute décalée que soit cette préoccupation, il n'en demeure pas moins qu'il n'y a pas de réponse satisfaisante à adresser : oui, de tels systèmes, même s'ils n'en ont pas vocation, permettront plus ou moins indirectement d'accroître la traçabilité des actions.
- Enfin, et c'est sans doute le point le plus important, le facteur aujourd'hui le plus spécifique (à la fois le plus limitant et le plus porteur de perspectives) concerne la faiblesse et l'immaturation des systèmes informatisés chez les acteurs (institutionnels) de la gestion de crise. Schématiquement, les services

techniques avec lesquels il devrait s'avérer nécessaire de réconcilier sémantiquement les activités métier (cf. section IV de la partie 2) sont généralement quasiment inexistantes au sein de ces organisations. Le projet ISyCri a d'ailleurs pleinement intégré cet état de fait puisque l'étape de réconciliation sémantique a été court-circuitée en considérant qu'il n'y avait que des compétences métier et que pour chacune d'elles il fallait développer une interface d'invocation permettant d'assurer une bijectivité entre *compétence métier* et *service technique*. Ce constat s'avère forcément limitant dans la mesure où il peut s'avérer délicat de déployer un SI de médiation entre des systèmes qui n'existent qu'à l'état d'embryons. Par ailleurs, ce même constat se révèle également très structurant dans la mesure où il démontre combien le domaine de la gestion de crise est encore un espace à équiper et à outiller sur le plan des technologies de l'information et de la communication.

En conclusion, on constate évidemment que beaucoup de chemin, en particulier sur le plan culturel, doit être parcouru afin de permettre à des travaux comme ceux menés au sein du projet MISE de pouvoir trouver pleinement leur place dans le domaine de la gestion de crise. Il est également nécessaire de nuancer les points précédents en soulignant combien certaines institutions (financeurs de projets) et certains acteurs institutionnels (SDIS81, Préfecture du Tarn, CETE de l'Ouest) se sont révélés particulièrement attentifs, réceptifs et finalement proactifs vis-à-vis des approches proposées par MISE. La meilleure conclusion est donc de constater que le temps joue en la faveur de MISE et que la maturation des résultats scientifiques et techniques, associée à l'évolution des mentalités annoncent nécessairement un futur rayonnant aux applications du projet MISE dans le domaine de la gestion de crise.

VII. Conclusion concernant le traitement de la problématique

Pour conclure cette deuxième partie, revenons tout d'abord sur le cadre EIF (présenté en troisième section de la première partie) et sur le positionnement qui peut être accordé aux travaux constitutifs du projet MISE dans ce référentiel :

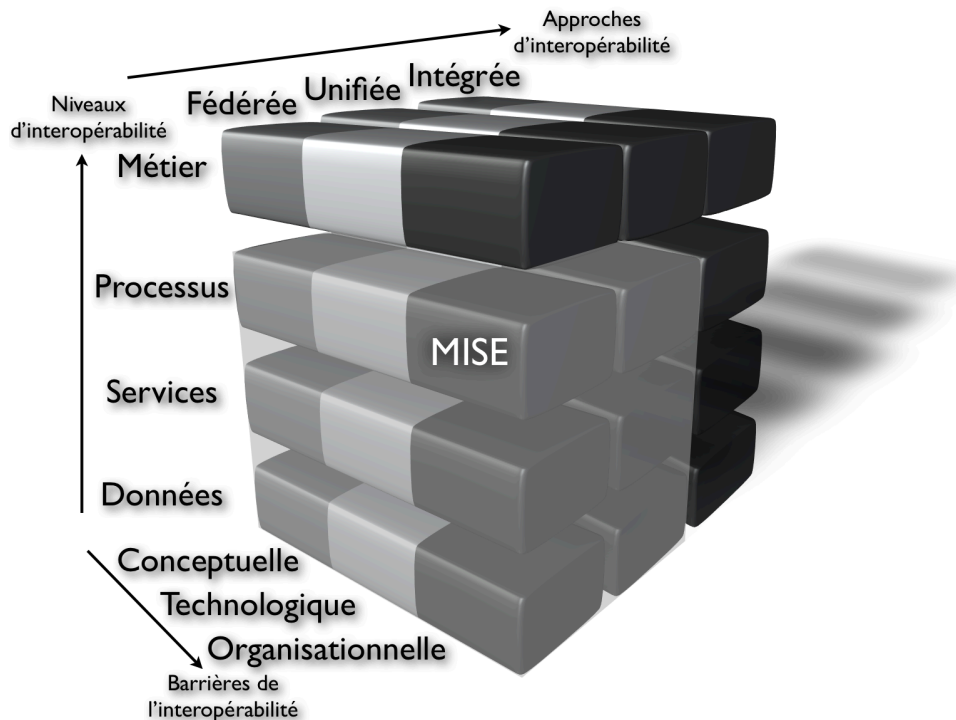


Figure 2.28 Positionnement de MISE

- L'approche développée au long du projet MISE (et des diverses itérations qui le composent) s'intéresse nécessairement aux trois **barrières de l'interopérabilité** :
 - *Conceptuelle* : la deuxième transformation de modèles et l'objectif de réconciliation entre les domaines métier et technique qui lui est associé (au niveau des services comme des données) relèvent des différences syntaxiques et sémantiques entre les informations concernées par la collaboration.
 - *Technologique* : l'approche par médiation selon une philosophie orientée-services adresse directement la question de la compatibilité des plateformes technologiques des partenaires.
 - *Organisationnelle* : la première transformation de modèles et la définition du comportement collaboratif le plus pertinent fait pleinement référence aux exigences de responsabilités au sein de la collaboration.
- Concernant les **approches d'interopérabilité**, le projet MISE se focalise essentiellement sur le niveau *fédéré*, en s'appuyant sur le niveau *unifié* (négligeant le niveau *intégré*) :
 - *Intégrée* : cette approche par standardisation est hors de propos au sein du projet MISE.
 - *Unifiée* : Si le projet MISE n'impose pas de pivot au sens propre, le paradigme SOA peut être considéré comme un métamodèle commun support de l'interopérabilité.
 - *Fédérée* : la réconciliation sémantique, le partage d'ontologies et les traductions à la volée inhérents à la deuxième transformation de modèle de l'approche MISE s'inscrivent naturellement dans l'objectif de support de l'interopérabilité de ce troisième niveau.
- Enfin, concernant les **niveaux d'interopérabilité**, même si, par nature, toute approche de prise en charge de l'interopérabilité s'intéresse à ces quatre niveaux, il est légitime de souligner que le projet MISE mise particulièrement sur les niveaux *processus*, *services* et *données* en délaissant la composante « sciences humaines et sociales » du niveau *métier*.

Dans un deuxième temps, on peut proposer le tableau de synthèse suivant qui identifie les apports concrets et distincts des différents travaux menés tout au long des différentes itérations du projet MISE par rapport à l'ensemble du cycle présenté en figure 2.1 :

	MISE 1.0		MISE 2.0 (et initiation MISE 3.0)		
CONTEXTE	Inter-organisations	Gestion de crise	Inter-organisations		Gestion de crise
			Fonctionnel	Non-Fonctionnel	
Modèle de collaboration	Métamodèle spécifique (basé sur MIT-PH)	Métamodèle spécifique crise (MMCrise)	Métamodèle générique	∅	Métamodèle générique (+ extensions)
	<i>V. Rajsiri</i>	<i>S. Truptil</i>	<i>A.M. Barthe-Delanoë, G. Macé-Ramète, W. Mu</i>		
Transfo 1	Règles ontologiques spécifiques	Règles ontologiques « crise »	Règles génériques	∅	Règles génériques (+ extensions)
	<i>V. Rajsiri</i>	<i>S. Truptil</i>	<i>W. Mu</i>	∅	<i>A.M. Barthe-Delanoë</i>
Modèle de dynamique collaborative	Modèle de processus collaboratif (MMPC)		Modèle de cartographie de processus collaboratifs	Enrichissement avec les exigences non-fonctionnelles	Enrichissement avec les indicateurs de performances
	<i>V. Rajsiri, J. Touzi</i>		<i>W. Mu</i>	<i>S. Zribi</i>	<i>G. Macé-Ramète</i>
Transfo 2	Transformation ATL		Réconciliation sémantique	Filtre non-fonctionnel	Réconciliation sémantique
	<i>J. Touzi</i>		<i>N. Boissel-Dallier</i>	<i>S. Zribi</i>	<i>A.M. Barthe-Delanoë</i>
Modèle de SI de médiation	Mécanismes d'adjonction d'une connaissance technique sur le Modèle UML SOA		Modèle de workflow		Modèle de workflow
	<i>J. Touzi, W. Mu</i>				<i>A.M. Barthe-Delanoë</i>
Éléments de déploiement	Composants JBI + BPEL				Outil d'aide à la décision
	<i>S. Truptil</i>				<i>G. Macé-Ramète</i>
Agilité	Design-Time / Run-Time même ESB		∅	∅	EDA
	<i>S. Truptil</i>		∅	∅	<i>A.M. Barthe-Delanoë</i>

Tableau 2.5 Bilan concernant MISE et les thèses associées

Ce tableau fournit la synthèse complète des encadrements de thèses de ces huit dernières années et présente les contributions scientifiques vis-à-vis des différentes étapes de la démarche MISE. Cette mosaïque de travaux permet de mettre en évidence plusieurs constats :

- Tout d'abord, chaque itération a adressé l'intégralité du cycle MISE (du niveau d'abstraction le plus haut au niveau le plus concret en ajoutant également les questions d'agilité) et propose concrètement une suite scientifique outillée permettant d'assurer le design d'un SI de médiation pleinement dédié à

la prise en charge de l'orchestration et de l'interopérabilité des organisations. Concrètement, même si ces travaux ne proposent pas la solution parfaite, ils apportent néanmoins une succession de réponses à la question initiale (cf. *Form0 : Comment permettre aux organisations de saisir efficacement les opportunités de collaboration qui se présentent à elles*).

- Evidemment, ce tableau de synthèse met implicitement en évidence les perspectives de travaux futurs (qu'il s'agisse de zone du tableau pas ou peu couverte ou qu'il s'agisse de zones déjà couvertes qui pourraient être améliorées). Au registre des trous identifiés, on peut constater que les *aspects non-fonctionnels* (en particulier les questions de performance) ne sont pour l'instant que très peu pris en compte par les travaux actuels. Concernant les améliorations de résultats déjà obtenus, on peut par exemple évoquer la question de *l'aide à la décision* qui pourrait accompagner toutes les transformations et la phase de gestion de l'agilité.
- Enfin, comme expliqué au cours de la première section de cette deuxième partie, le tableau précédent illustre les notions de *complémentarité*, de *cohérence*, de *continuité*, de *compatibilité* et de travail *collectif* (5 « co ») qui constituent des caractéristiques annoncées du fonctionnement du projet MISE.



Conclusion

Les travaux et résultats présentés au long des pages précédentes correspondent finalement à la rencontre de deux problématiques modernes : (i) l'informatisation de la dynamique des organisations et (ii) le support des collaborations d'organisations.

Une vraie tendance (sociétale aussi bien qu'industrielle ou académique) concerne le premier sujet et s'intéresse à l'intégration pertinente des technologies de l'information et de la communication au sein des organisations et de leur fonctionnement. Cette tendance dans laquelle s'inscrit pleinement le projet MISE conçoit ces technologies comme des outils susceptibles de suppléer efficacement l'humain pour certaines tâches **qui ne nécessitent pas ses traits spécifiques**, à savoir son intelligence, sa capacité de jugement et de prise de décision. Cette volonté est souvent socialement mal comprise et mal interprétée : la machine ne remplace pas l'homme, elle lui permet de se focaliser sur les tâches qui nécessitent réellement son intelligence et ses compétences. Derrière cette considération se profilent trois constats qui permettent de mieux cerner la position qu'il est proposé d'associer aux technologies de l'information et de la communication au travers du projet MISE :

1. Il ne faut pas confondre le *décideur* et l'*orchestrateur*. Ce dernier peut être totalement dénué de capacité de réflexion, exécutant d'une partition au sein de laquelle il peut être amené à demander à un *décideur* d'effectuer un choix. Qui plus est, un *décideur* se trouve également à un niveau supérieur, susceptible d'interrompre l'orchestration si elle ne lui semble plus pertinente. La position qui revient à confondre *orchestrateur* et *décideur* semble particulièrement déraisonnable puisqu'elle nie le fait qu'une utilisation efficace des technologies de l'information et de la communication permet d'alléger la tâche de l'humain en lui permettant de se focaliser sur les activités qui nécessitent réellement sa condition d'humain. A titre d'exemple, on peut constater qu'en cellule de crise, un pourcentage important des arbitrages opérés par les pilotes aurait pu l'être par le biais de règles formelles simples, libérant ainsi ces pilotes pour les décisions réellement complexes.
2. La *coordination* des acteurs n'implique pas d'expliquer à ces derniers comment réaliser leurs activités. En effet, il est crucial de constater que la question de l'informatisation de la dynamique des organisations, si elle a parfois, par le passé, été synonyme de *remplacement* par un système « from scratch », relève aujourd'hui beaucoup plus de l'*intégration* de ces nouvelles technologies. La nuance est majeure puisqu'il s'agit alors de conserver tout ce qui donne satisfaction (ou même tout ce pour quoi on n'a pas une meilleure solution) et de l'encapsuler au sein d'un système informatique qui, bien incapable de réaliser les tâches assurées par ces composants historiques, sera néanmoins capable de les mobiliser selon une dynamique fluide et pertinente. A titre d'exemple, il est hors de question d'expliquer à un sapeur-pompier comment intervenir sur un incendie, mais s'il est possible de gérer les interactions entre les soldats du feu, les gendarmes en charge du périmètre de sécurité et les services techniques concernés par le rétablissement des voies d'accès (ou d'évacuation), la gestion de la dynamique collaborative n'en sera probablement que meilleure.
3. Les *processus* qui formalisent le comportement des organisations sont parfois (souvent ?) perçus comme de lourds carcans par les utilisateurs humains. Néanmoins, on peut constater que ce ressenti provient essentiellement des faits suivants : (i) ces *processus* sont mal définis et surtout ne sont pas optimaux (ce sont alors les concepteurs qui sont à blâmer et non les *processus*) et (ii) l'exécution et le pilotage de ces *processus* reposent intégralement sur ces mêmes acteurs humains qui doivent les connaître et les appliquer. A titre d'exemple, un *processus* de validation d'un document nécessitant plusieurs points de contrôle n'est pénible que parce qu'il faut connaître ces points de contrôle et les acteurs associés, les rencontrer physiquement (ou tout du moins des intermédiaires) et obtenir leur validation. Le même *processus* transformé en *workflow* devient beaucoup plus supportable (voire transparent) puisqu'il s'agit alors simplement d'effectuer la demande de validation (via un intranet quelconque) et d'attendre, quel que soit la complexité du circuit de validation virtualisé, que la confirmation (ou l'infirmité) nous parvienne.

Le deuxième sujet qui sous-tend les travaux exposés dans ce document concerne l'essence même de l'interopérabilité au sens scientifique du terme : la collaboration d'organisations. Comme le référentiel EIF (Chen *et al.*, 2006) le démontre par sa structure, cette thématique relève de sciences et d'approches scientifiques bien différentes, allant des sciences sociales aux technologies informatiques en passant par toutes les composantes du génie industriel (logistique, modélisation d'entreprise, etc.). Si le sujet

précédent (les technologies de l'information et de la communication) expliquent les orientations du projet MISE vers une démarche IDM de déploiement d'une plateforme SOA, les considérations relatives à ce deuxième sujet ont plutôt dicté les orientations vers une approche BPM pour déployer un SI de médiation.

Au final, la confrontation entre ces deux problématiques, et surtout la volonté de les satisfaire conjointement a permis d'explorer et d'adopter des sujets et des technologies très en pointes (SOA, ESB, BPM, IDM, EDA), d'essayer de les associer et d'en exploiter tous les avantages et toutes les ressources.

D'un point de vue du séquençement ressenti, la petite dizaine d'années professionnelles qu'évoque ce document se décompose globalement en trois phases : une période de *découverte*, de *construction* et *d'apprentissage*, au sein de l'équipe d'Hervé PINGAUD et grâce aux moyens mis à disposition par l'Ecole des Mines d'Albi (2004-2007), une phase de *montée en puissance* et de *reconnaissance*, à la fois de l'intérêt de la thématique et de la pertinence des choix adoptés (2007-2010), enfin, une phase de *consolidation* et de *densification* du périmètre de recherche (2010-2013). Une quatrième phase dédiée à la *diversification* et à l'*épaississement* de la démarche MISE apparaît clairement comme une perspective à très courts termes. Cette nouvelle phase repose sur les points suivants :

- **Le « tout événement » et le « cloud »** : Cette première tendance concerne le recueil de connaissance. Si la gestion de la connaissance repose en grande partie sur les outils ontologiques, la question du recueil des informations relatives à la situation collaboratives (hypothétique ou avérée) s'est orientée vers les architectures dirigées par les événements. Cette dimension concerne en particulier la construction du modèle de collaboration (en Design-Time) et le suivi de la collaboration (en Run-Time). Si la deuxième tâche (suivi et détection) s'appuie déjà aujourd'hui sur ces approches événementielles, la première tâche (modélisation de la situation) repose quant à elle sur la capacité de l'utilisateur à renseigner un modèle (respectant un métamodèle de situation collaborative). Il serait tout à fait pertinent que les potentialités offertes par le recueil d'événements permettent d'alléger cette première activité en construisant, en continu, un modèle de l'écosystème observé (sur la base de la connaissance recueillie au travers des événements). Cette idée permet d'envisager un système de supervision qui recueille et analyse en continu les événements émanant de l'écosystème observé afin d'en maintenir une image caractéristique (sous la forme d'un modèle) permettant de détecter toute opportunité (ou nécessité) de collaboration. Par ailleurs, cette perspective et un basculement « tout événement » de ce type nécessite de s'appuyer sur une plateforme capable de prendre en charge la gestion de volumes d'informations extrêmement conséquents. Cette problématique « big data » constitue une composante difficilement contournable des évolutions futures du projet MISE. Il faudra par exemple s'appuyer sur des travaux tels que ceux présentés dans (Schneider, 2008) afin de définir des architectures susceptibles d'absorber la volumétrie de données concernée. Finalement, compte-tenu de l'expérience menée sur les projets PLAY et SocEDA (concernant seulement la partie suivi et détection) il semble très intéressant de s'orienter vers le déploiement « cloud » de toute la démarche MISE.
- **L'aide à la décision et la mesure de performance** : Ce deuxième point envisage d'intégrer les exigences non-fonctionnelles (et en particulier la dimension des performances) au sein de la démarche IDM globale pour pouvoir, non seulement enrichir et diversifier la phase de déduction de la dynamique comportementale (en proposant par exemple plusieurs options qui seraient simulables, stimulables et évaluables) mais également offrir un monitoring subtil de cette dynamique collaborative (fournissant des informations de performance) ou encore accompagner efficacement l'utilisateur lors des phases d'adaptation. Concrètement, les indicateurs de performances doivent constituer un canal « qualifiant » parallèle à la démarche IDM, l'accompagnant tout au long du cycle d'ingénierie et permettant d'alimenter des outils d'aide à la décision dédié à chaque transition.

Ces deux pistes de perspectives répondent concrètement aux différentes restrictions exposées à l'issue de chacune des sections descriptives des étapes constitutives du cycle MISE. On peut effectivement les décomposer selon les pistes d'amélioration suivantes constitutives de l'itération MISE 3.0 :

- **Caractérisation continue (liée au premier point)** : recueil permanent des événements significatifs d'un périmètre observé (industriel, géographique, économique, thématique) pour en maintenir une caractérisation pertinente et exploitable à tout moment.
- **Déduction d'indicateurs de performance (liée au deuxième point)** : qualification du modèle comportemental déduit à l'aide d'indicateurs de performance (également déduits).
- **Workflows monitorables (liés au deuxième point)** : obtention de modèles de workflows collaboratifs monitorables sur les plans fonctionnel (suivi des opérations) et non-fonctionnel (qualification des opérations).

- **Déploiement cloud (lié au premier point)** : migration de l'ensemble des composants de la démarche MISE (*i.e.* les services de Design-Time mais également le SIM lui-même) sur une plateforme « cloud » (PaaS) en tant que service (SaaS).
- **Détection basée (aussi) sur la performance (liée au deuxième point)** : Accompagnement de la démarche de détection des évolutions en permettant à l'utilisateur de diagnostiquer une déviation sur la base de critères de performance (de façon complémentaire à la détection automatique basée sur la comparaison de modèles attendu et terrain).
- **Aide à la décision lors des transitions (liée au deuxième point)** : Enrichissement des phases de transformations de modèles en y ajoutant en particulier la possibilité de nuancer ces transitions très binaires et déterministes (par exemple en multipliant les options possibles et en offrant des outils d'aide à la décision permettant de sélectionner la meilleure option selon différents critères).

Les points précédents se retrouvent sur la figure suivante qui reprend les spécificités de chacune des itérations (passées ou à venir) de la démarche MISE :

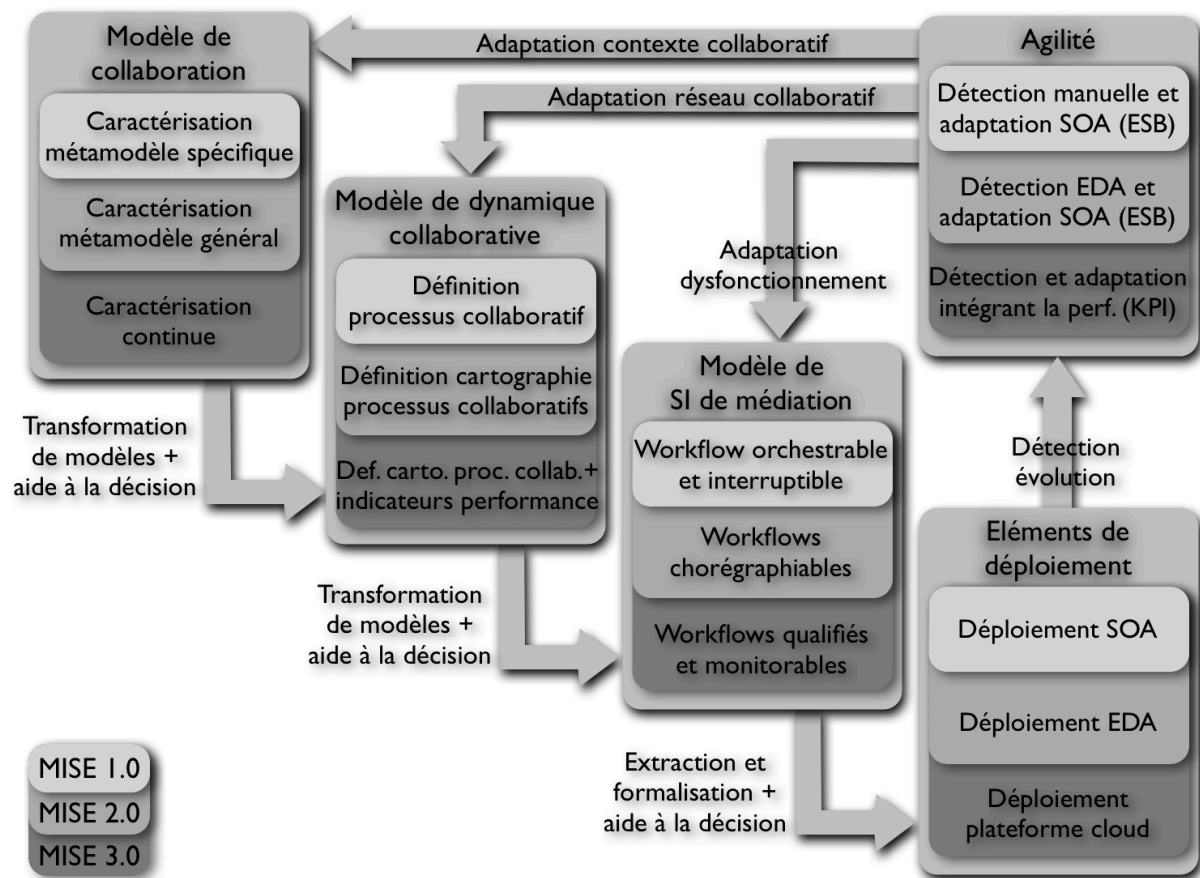


Figure 3.1 Visions des itérations MISE 1.0, MISE 2.0 et MISE 3.0

Au final, on constate que le projet MISE s'inscrit depuis son lancement jusqu'à aujourd'hui dans une dynamique dépendante à la fois des orientations données volontairement (cf. la vision initiale qui reste encore valable aujourd'hui) et des opportunités saisies à la volée (cf. le rapprochement actuel avec les collègues spécialistes de la performance et de l'aide à la décision). L'image qui en est donnée ici correspond bien entendu à un point dans cette dynamique. Comme souvent, plus que le point, c'est la trajectoire qui est significative et qui traduit fidèlement une histoire. Ce document a tenté d'expliquer fidèlement la nature théorique de cette trajectoire, d'en démontrer la dérivabilité au travers de sa logique et de sa pertinence et d'en esquisser la suite par continuité.

Enfin, le projet MISE peut être considéré comme une illustration du principe structurel présenté par Marten van Sinderen (lors du workshop AmFine en conjonction avec I-ESA 2012) : **Internet Of Things** (les événements émis) alimentant **Internet Of Knowledge** (les ontologies) pilotant **Internet Of Services** (les services de Run-Time).

Bibliographie

- (Altay *et al.*, 2005) Altay, N., Green, W. G. : *OR/MS research in disaster operations management*, European Journal of Operational Research, 175(1), pp.475-493, 2005.
- (Andonoff *et al.*, 2007) Andonoff, E., Bouaziz, B., Hanachi, C. : *Protocol Management System as a Middleware for Inter-Organizational Workflow Coordination*, International Journal of Computer Science & Application, IV, pp.23-41, 2007.
- (Aubert *et al.*, 2002) Aubert, B., Dussart, A. : *Systèmes d'Information Inter-Organisationnels*, Rapport CIRANO, 2002.
- (Barros *et al.*, 2006) Barros, A., Dumas, M., Oaks, P. : *Standards for Web Service Choreography and Orchestration: Status and Perspectives*, Business Process Management Workshops, Lecture Notes in Computer Science, pp. 61-74, 2006.
- (Bataille *et al.*, 2001) Bataille, V., Castellani, X. : *Métamodélisation et ingénierie des systèmes d'information*, Ingénierie des systèmes d'information, Hermès, pp. 149-174, 2001.
- (Beamon *et al.*, 2004) Beamon, B. M., Kotleba, S. A. : *Inventory modelling for complex emergencies in humanitarian relief operations*, International Journal of Logistics Research and Applications, 9(1), pp.1-18, 2004.
- (Bénaben *et al.*, 2008) Bénaben, F., Touzi, J., Rajsiri, V., Truptil, S., Lorré, J.-P., Pingaud, H. : *Mediation Information System Design in a Collaborative SOA context through a MDD approach*, Actes de MDISIS 2008 Toulouse (workshop de CAiSE 2008), 2008.
- (Bénaben *et al.*, 2010) Bénaben, F., Mu, W., Truptil, S., Lorré, J.-P., Pingaud, H. : *Information System design for emerging ecosystems: A model-driven approach diving into abstractions layers*, Actes de IEEE-DEST 2010 Dubaï, Springer-Verlag, 2010.
- (Bénaben *et al.*, 2012) Bénaben, F., Boissel-Dallier, N., Pingaud, H., Lorré, J.-P. : *Semantic issues in model-driven management of information system interoperability*, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Taylor&Francis, 2011. DOI: 10.1080/0951192X.2012.684712
- (Benali, 2004) Benali, K. : *Quelques briques et concepts de base pour la coopération et les systèmes coopératifs*, Habilitation à Diriger les Recherche, Université de Nancy 2, 2004.
- (Benguria *et al.*, 2006) Benguria, G., Larrucea, X., Elveatser, B., Neple, T., Beardsmore, M., Friess, A. : *A Platform Independent Model for Service Oriented Architecture*, Actes de I-ESA 2006 Bordeaux, Springer-Verlag, 2006.
- (Bézivin, 2004) Bézivin, J. : *Sur les principes de base de l'ingénierie des modèles*, RSTI – l'objet – 10/2004, Où en sont les objets ?, pp. 124-156, 2004.
- (Bézivin *et al.*, 2009) Bézivin, J., Jouault, F. : *Acquis et défis de l'ingénierie dirigée par les modèles*, Génie Logiciel (90), pp. 55-60, 2009.
- (Bolstorff *et al.*, 2003) Bolstorff, P., Rosenbaum, R. : *Supply-chain excellence: a handbook for dramatic improvment using the SCOR model*, Amacom Ed, 2003.
- (Bourey *et al.*, 2007) Bourey, J.-P., Grangel, R., Doumeingts, G., Berre, A. : *Report on model-driven*

- interoperability*, Deliverable DTG2, Network of Excellence InterOp, Contract N°IST-508011, 2007.
- (BPMN, 2011) OMG : *Business Process Model and Notation (BPMN) – version 2.0*, OMG Document Number : formal/2011-01-03, www.bpmn.org, 2011.
- (Camarinha-Matos *et al.*, 2005) Camarinha-Matos, L., Afsarmanesh, H. : *Collaborative networks : A new scientific discipline*, Journal of Intelligent Manufacturing, 16(4), pp. 439-452, 2005.
- (Chapron, 2006) Chapron, J. : *L'urbanisme organisationnel : méthodes et aides à la décision pour piloter l'évolution du système d'information de l'entreprise*, Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 2009.
- (Chen *et al.*, 2003) Chen, D., Doumeingts, G. : *European initiatives to develop interoperability of enterprise applications – basic concepts, framework and roadmap*, Annual Reviews in Control, 27(2), pp. 153-162, 2003.
- (Chen *et al.*, 2006) Chen, D., Dassisti, M., Elvaester, B. : *Interoperability Knowledge Corpus, Intermediate Report*, Deliverable DI.1b, Network of Excellence InterOp, Contract N°IST-508011, 2006.
- (Combemale, 2008) Combemale, B. : *Ingenierie Dirigée par les Modèles (IDM) – état de l'art*, rapport interne IRIT (UMR CNRS 5505), <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00371565/>, 2008.
- (ECOLEAD, 2008) ECOLEAD : *Establishing VBE common ontologies*, Deliverable D21.3, Integrated Project ECOLEAD, Contract N°FP6.IP-506958, 2008.
- (Faure *et al.*, 2010) Faure, C., Andonoff, E., Hanachi, C., Sibertin-Blanc, C., Salatgé, N. : *Flexibilité des processus de gestion de crise par intégration de protocoles d'interaction*, Ingénierie de Systèmes d'Information, 15(3), 2010.
- (Favre *et al.*, 2006) Favre, J.-M., Estublier, J., Blay-Fontarino, M. : *L'ingénierie dirigée par les modèles : au-delà du MDA*, Hermès-Lavoisier, 2006.
- (FIPS, 1983) FIPS PUBS : *Integration definition for function modelling (IDEF0)*, Federal Information Processing Standards publication n°183, 1983.
- (Grangel *et al.*, 2006) Grangel, R., Salem, R., Bourey, J.-P., Daclin, N., Ducq, Y. : *Transforming GRAI extended actigrams into UML activity diagrams : a first step to model driven interoperability*, Actes de I-ESA 2007 Madeira, Springer Verlag, 2007.
- (Grangel *et al.*, 2010) Grangel, R., Bigand, M., Bourey, J.-P. : *Transformation of decisional models into UML: Application to GRAI grids*, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 23(7), pp. 655-672, 2010.
- (Hernandez *et al.*, 2011) Hernandez, J., Mula, J., Poler, R. : *A Multiagent Negotiation Based Model to Support the Collaborative Supply-Chain Planning Process*, Studies In Informatics and Control, 20(1), pp. 43-54, 2011.
- (ISO, 2000) ISO : *Norme Européenne NF EN ISO 9001 version 2000, système de management de la qualité – Exigences*, AFNOR, 2000.
- (Kidd, 1994) Kidd, P. T. : *Agile manufacturing : forging new frontiers*, Addison-Wesley, 1994.
- (Konstantas *et al.*, 2005) Konstantas, D., Bourrières, J.-P., Léonard, M., Boudjlida, N. : *Interoperability of Enterprise Software and Applications (préface)*, Actes de I-ESA 2005

- Genève, Springer Verlag, 2005.
- (Lindberg, 1990) Lindberg, P. : *Strategic Manufacturing Management : A Proactive Approach*, International Journal of Operations & Production Management, 10(2), pp. 94-106, 1990.
- (Luzeaux *et al.*, 2008) Luzeaux, D., Ruault, J.-R. : *Systèmes de systèmes : concepts et illustrations pratiques*, Hermès science, 2008.
- (Macé Ramète *et al.*, 2012) Macé Ramète, G., Lamothe, J., Lauras, M., Bénaben, F. : *A road crisis management metamodel for an information decision support system*, Actes de IEEE DEST 2012 Campioni d'Italia, 2012.
- (Maier, 1998) Maier, M. W. : *Architecting principles for systems-of-systems*, Systems Engineering, 1(4), pp.267-284, 1998.
- (Malone *et al.*, 1999) Malone, T. W., Crowstone, K., Lee, J., Pentland, B. : *Tools for inventing organizations : Towards a handbook of organizational processes*, Management Science, 45(3), pp.425-443, 1999
- (Malone *et al.*, 2003) Malone, T. W., Crowston, K., Herman, G. A. : *Organizing business knowledge – The MIT Process Handbook*, MIT Press, 2003
- (MDA, 2003) OMG : *MDA Guide – version 1.0.1*, OMG Document Number : omg/2003-06-01, www.omg.org/mda, 2003.
- (Morley *et al.*, 2005) Morley, C., Hugues, J., Leblanc, B., Hugues, O. : *Processus Métiers et SI : Evaluation, Modélisation, Mise en œuvre*, Dunod, 2005.
- (Mu *et al.*, 2010) Mu, W., Bénaben, F., and Pingaud, H. : *Mediation Information System Engineering: Business characterization in collaborative situation*, Actes de I-ESA 2010 Coventry, Springer-Verlag. 2010.
- (Mu *et al.*, 2011) Mu, W., Bénaben, F., Pingaud, H., Boissel-Dallier, N., Lorré, J.-P. : *A model-driven BPM approach for SOA mediation IS design in a collaborative context*, Actes de IEEE-SCC 2011 Washington, 2011.
- (NGuyen, 2011) NGuyen, T. H. : *Contribution à la planification de projet : proposition d'un modèle d'évaluation des scénarios de risque-projet*, Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, 2011.
- (OMG, 2002) OMG : *Meta Object Facility (MOF) Specification*, Version 1.4, 2002.
- (Pingaud, 2009) Pingaud, H. : *Rationalité du développement de l'interopérabilité dans les organisations*, Management des technologies organisationnelles, Presse des Mines – Collection économie et gestion, pp. 19-30, 2009.
- (Rajsiri, 2009) Rajsiri, V. : *Knowledge-based system for collaborative process specification*, Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, 2009.
- (Rajsiri *et al.*, 2010) Rajsiri, V., Lorré, J.-P., Bénaben, F., Pingaud, H. : *Knowledge-base system for collaborative process specification*, Computers In Industry, 61(2), pp. 161-175, 2010.
- (Reix *et al.*, 1995) Reix, R., Helfer, J.-P. : *Systèmes d'information et management des organisations*, Vuibert Paris, 1995.
- (Scheer, 2000) Scheer, A. : *ARIS – Business Process Modeling*, Springer, 2000.

- (Schonenberg *et al.*, 2008) Schonenberg, H., Mans, R., Russel, N., Mulyar, N., et van der Aalst, W. : *Process flexibility: A survey of contemporary approaches*, Advances in Enterprise Engineering I, pp.16-30, 2008.
- (Schneider, 2008) Schneider, M. : *A general model for the design of data warehouses*, International Journal of Production Economics, 112(1), pp. 309-325, 2008.
- (Sheffi, 2004) Sheffi, Y. : *Demand Variability in Supply Chain Flexibility*, Entwicklungspfade und Meilensteine moderner Logistik, Glaber, pp.87-113, 2004.
- (Sienou, 2009) Sienou, A. : *Proposition d'un cadre méthodologique pour le management intégré des risques et des processus d'entreprise*, Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, 2009.
- (Tomasini *et al.*, 2009) Tomasini, R., Van Wassenhove, L. : *Humanitarian logistics*, Palgrave Macmillan, 2009.
- (Touzi *et al.*, 2006) Touzi, J., Bénaben, F., and Pingaud, H. : *Interopérabilité et Systèmes d'Informations – Aide à la conception de système d'information inter-organisationnel à partir de processus collaboratifs*, ISI Revue, 6(3), pp. 31-52, Hermès, 2006.
- (Touzi, 2007) Touzi, J. : *Aide à la conception de Système d'Information Collaboratif support de l'interopérabilité des entreprises*, Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, 2007.
- (Touzi *et al.*, 2009) Touzi, J., Bénaben, F., Pingaud, H., Lorré, J.-P. : *A model-driven approach for collaborative service-oriented architecture design*, International Journal of Production Economics, 12(1), pp. 5-20, 2009.
- (Truptil *et al.*, 2008) Truptil, S., Bénaben, F., Couget, P., Lauras, M., Chapurlat, V., Pingaud, H. : *Interoperability of Information System in Crisis Management : Crisis Modeling and Metamodeling*, Acte de I-ESA 2008 Berlin, Springer-Verlag, 2008.
- (Truptil, 2010) Truptil, S. : *Etude de l'approche de l'interopérabilité par médiation dans le cadre d'une dynamique de collaboration*, Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, 2010.
- (Van der Aalst, 1998) Van der Aalst, W. : *Changing Workflows: On the interplay between flexibility and support*, Dagstuhl Seminar Report, 217, pp.5-6, 1998.
- (Van Wassenhove, 2005) Van Wassenhove, L. : *Humanitarian aid logistics : Supply chain management in high gear*, Journal of the Operational Research Society, 57(5), pp.475-489, 2005
- (Vernadat, 1996) Vernadat, F. : *Enterprise Modelling and Integration, principles and applications*, Chapman & Hall, 1996.
- (Vernadat, 1999) Vernadat, F. : *Techniques de modélisation en entreprises : applications aux processus opérationnels*, economica, 1999.
- (Wiederhold, 1992) Wiederhold, G. : *Mediators in the architecture of future information systems*, Computer, 25(3), pp. 38-49, 1992.
- (Zribi *et al.*, 2012) Zribi, S., Bénaben, F., Ben Hamida, A., Lorré, J.-P. : *Towards a Service and Choreography Governance Framework for Future Internet*, Actes de I-ESA 2012 Valencia, Springer-Verlag, 2012.

Annexes

I. Modèle, Modélisation et Modéliser...

Comme évoqué tout au long de ce document, la modélisation joue un rôle central au sein du projet MISE. Il peut alors s'avérer nécessaire de revenir sur certains principes et concepts inhérents à cette activité afin d'en clarifier le sens. C'est à cette mission que s'attache cette première annexe.

II.1 Généralités sur la modélisation

Modéliser est une activité élémentaire caractéristique de l'intelligence humaine. C'est sur cette faculté d'abstraction et de conceptualisation que reposent les raisonnements à la base de notre capacité de réflexion. On peut citer différents exemples qui illustrent cette affirmation :

- La mise en contact avec une personne inconnue engendre naturellement la captation d'un certain nombre de caractéristiques (allure, âge, sexe, choix vestimentaires et autres détails culturels selon la sensibilité) qui permettent d'initier un modèle de cette personne. C'est sur la base de ce modèle (et surtout de son enrichissement) que se feront les anticipations comportementales (« je ne peux pas lui dire, il va mal le prendre... ») voire les affinités. Notons au passage que la sensibilité s'apparente alors à la capacité de modélisation. Par ailleurs, on peut nuancer le principe qui dit qu'il est déraisonnable de se faire un avis en quelques instants en précisant qu'il est naturel et plutôt signe d'intelligence de se faire un avis en quelques minutes. En revanche, il serait déraisonnable de figer ce jugement et de ne pas se laisser la possibilité de l'affiner et de le corriger continuellement.
- La réalisation d'un plan (d'un bâtiment ou d'une ville) constitue indéniablement une activité de modélisation qui, selon l'objectif du modèle, pourra ou non faire figurer des distances ou des indications notables (monument ou autre), pourra ou non respecter les proportions et les directions.
- La faculté de lire la trajectoire d'un ballon et d'anticiper sur son point de chute est également une activité basée sur la construction de modèles. Ces modèles reposent bien évidemment sur la pratique et l'expérience, mais également sur l'assimilation de règles physiques, généralement acquises dès l'enfance (il suffit de constater combien les tout jeunes enfants s'attachent à faire volontairement tomber des objets pour acquérir la notion de gravité, visiblement ni naturelle, ni instinctive).
- La capacité de conduire, piloter ou manœuvrer un véhicule est également une opération qui repose sur la capacité à disposer d'une représentation physique, comportementale et spatiale du véhicule. Cette faculté permet par exemple de réussir un créneau avec une voiture. En effet, un échec sur ce type de manœuvre ne résulte absolument pas d'une faiblesse concernant la capacité à tourner le volant ou à appuyer sur les pédales, mais bien d'une erreur dans la représentation physique, spatiale et comportementale du véhicule (en particulier en termes de localisation, de dimension, de capacité de braquage, etc.).
- Enfin, le fait d'expliquer une idée à l'aide d'un croquis est un excellent témoignage de la mise en œuvre d'un modèle. Combien de réunions professionnelles se focalisent sur une discussion acharnée autour d'un schéma obscur sur un coin de tableau ? Qui plus est, une spécificité notable concerne le fait que bien souvent, le formalisme de modélisation (*i.e.* les conventions associées au croquis) est défini par les acteurs en même temps que le schéma lui-même (par convention orale).

Au delà de ces quelques exemples, on peut noter que l'activité de modélisation se trouve finalement caractérisée par un certain nombre de constantes importantes :

- **Construire** : Modéliser, c'est *dessiner, parler, traduire, comprendre, interpréter...*
- **Image** : Modéliser, c'est construire une *représentation d'un sujet concret...*
- **Abstraction** : Modéliser, c'est construire une image *simplifiée, fictive* ou *virtuelle* du sujet...
- **Partage** : Modéliser, c'est construire une image abstraite d'un sujet, en vue de *l'exploiter* et de la *communiquer...*

Les quatre notions précédentes se retrouvent dans la proposition de définition suivante :

Def1 : Modéliser c'est construire une représentation d'une entité connue ou inconnue selon des concepts et un vocabulaire communs

II.2 Objectifs de la modélisation

Dans un contexte professionnel (ou tout du moins opérationnel), modéliser est une action suffisamment abstraite et chronophage pour ne pas la réaliser gratuitement :

- **Modéliser pour maîtriser le comportement (SIMULATION)** : Ce premier type d'usage concerne l'exploitation des modèles pour anticiper sur le comportement d'un sujet. A titre d'illustration, on peut donner la liste des exemples suivants : modèles climatiques destinés aux prévisions météorologiques, équations différentielles de diffusion de la chaleur dans un matériau, ou encore modèle de chaîne d'activités d'un atelier de production manufacturière ou automatisée.
- **Modéliser pour construire correctement (CONCEPTION)** : Ce deuxième mode d'exploitation des modèles relève pleinement de la notion de « plan ». On peut par exemple citer les cas suivants : plan d'une pièce mécanique à usiner ou à monter, Algorithme ou logigramme d'un programme informatique, notice d'un meuble à monter soi-même.
- **Modéliser pour comprendre et échanger (COMMUNICATION)** : Cette troisième perspective d'usage concerne plus particulièrement le côté didactique et pédagogique de la modélisation. On peut illustrer cet usage en citant par exemple : la projection visuelle (3D/2D) de la rénovation d'un bâtiment, l'utilisation d'un schéma support des discussions au cours d'une réunion, ou encore une présentation commerciale ou contractuelle d'un produit futur à un client.

Enfin, il est important de noter qu'au delà de cette typologie théorique, l'activité de modélisation relève évidemment fréquemment de plusieurs de ces objectifs élémentaires. Il peut clairement s'agir de la construction de modèles de simulation d'un produit innovant... afin de concevoir des pièces satisfaisant le cahier des charges... dans un contexte d'équipe nécessitant la transmission des modèles.

Par ailleurs, l'intérêt de la modélisation dépend aussi de l'instant où se produit cette activité (en particulier, dans quelle phase du cycle de conception elle se positionne). La figure suivante illustre cette couverture de la modélisation :

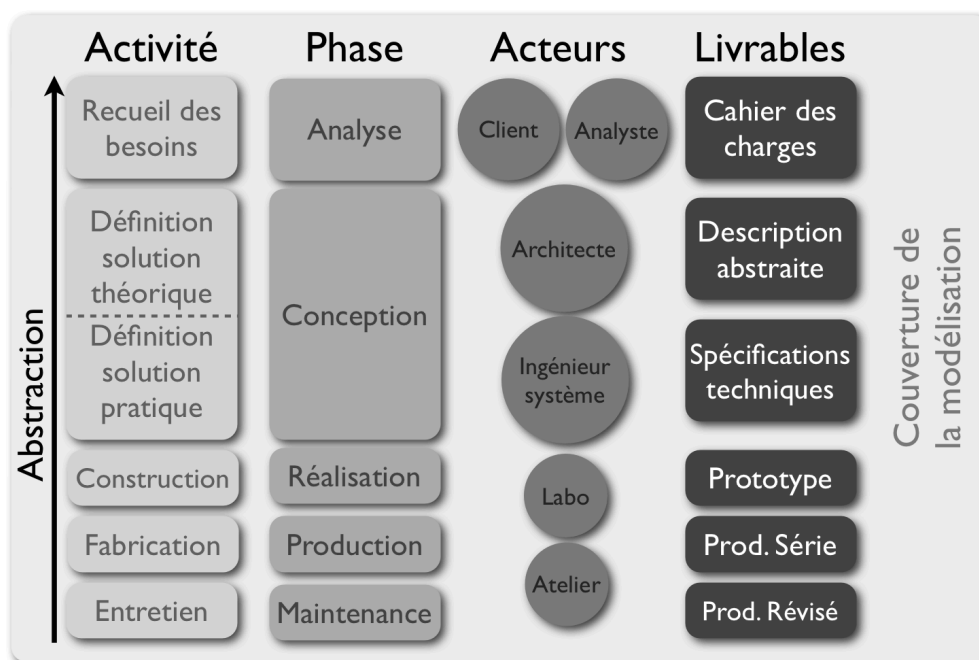


Figure A.1 Couverture de l'activité de modélisation.

II.3 Formes de modélisation

Le spectre couvrant l'activité de modélisation est gigantesque et continu (il va du mathématicien au maçon en passant par le commercial), on peut néanmoins identifier deux tendances : Les **modèles formels** (mathématiques) et Les **modèles informels** (graphiques). Ce « clivage historique » entre les « créatifs/communicants » et les « scientifiques/rigoristes » est aujourd'hui en passe d'être comblé (au moins partiellement) par les performances de l'informatique. En effet, un ensemble de résultats

directement issus de la « puissance de calcul » permettent aujourd’hui de tendre des ponts concrets entre ces deux mondes. On peut par exemple citer les exemples suivants :

- Génération automatique de code informatique à partir de modèles graphiques,
- Obtention du modèle thermique d’un bâtiment à partir des plans et des matériaux constitutifs,
- Génération des instructions de découpe et d’usinage d’une pièce à partir d’une vue 3D,
- Etc.

Par ailleurs, ces différentes formes de modélisation peuvent être associées aux différents objectifs de la modélisation présentés au paragraphe II.2 :

- La **simulation** (modéliser pour maîtriser) peut être associée à la **modélisation formelle**, en particulier du fait de l’exécution sous-entendue par l’idée de simulation.
- La **conception** (modéliser pour construire) peut être associée à une **modélisation « hybride »** concernant aussi bien des aspects formels qu’informels.
- La **communication** (modéliser pour échanger) peut-être associée à une **modélisation informelle**, en particulier du fait de l’expressivité qui doit être associée à ces modèles.

Ces principes généraux doivent bien entendu être nuancés par l’usage

II.4 Vision générique de la modélisation

La figure suivante illustre schématiquement mais très fidèlement l’activité de modélisation. Il est important de noter que cette vision de la modélisation est indépendante du domaine, du sujet, des objectifs et de la forme de modélisation concernés :

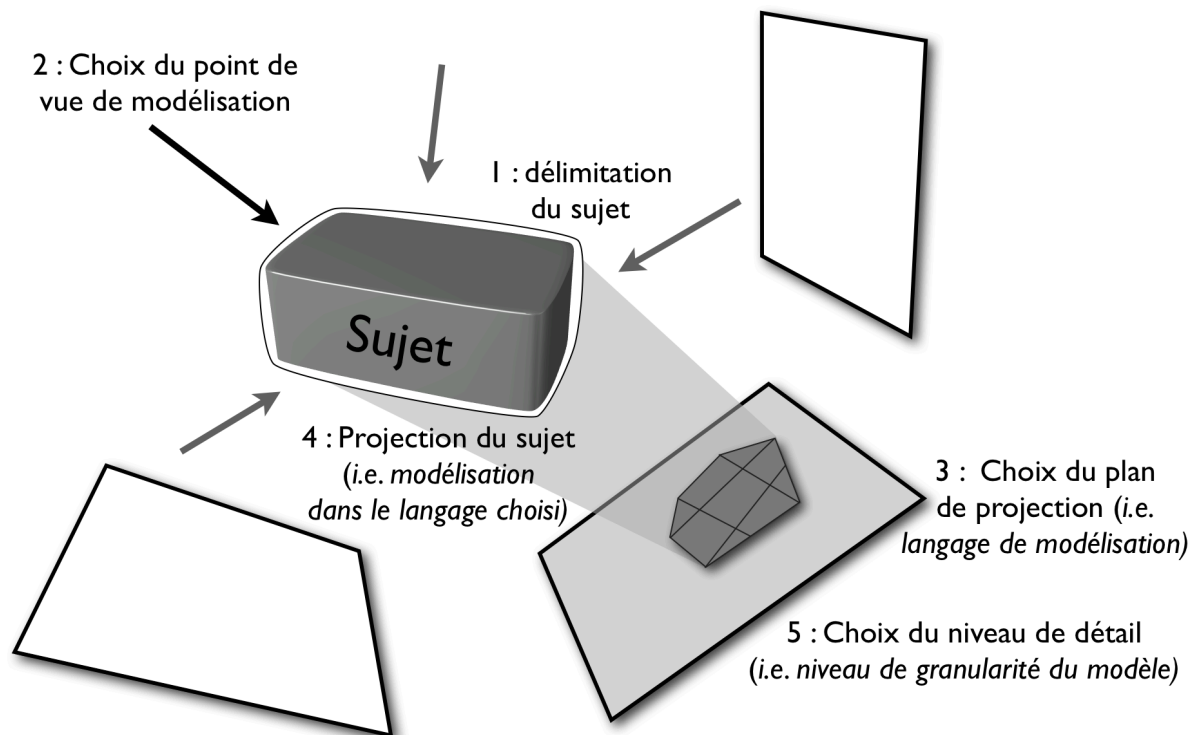


Figure A.2 Une vision générique de la modélisation.

Cette vision de l’activité de modélisation s’articule autour des étapes suivantes :

1. **Délimitation du sujet** : il s’agit de déterminer le périmètre EXACT du système étudié (ce qui en fait partie et ce qui est externe au sujet).
2. **Choix du point de vue de modélisation** : il s’agit de déterminer pourquoi, pour qui et dans quel but on réalise le modèle.
3. **Choix du plan de projection** : il s’agit de choisir un formalisme de modélisation adapté au point de vue choisi, mais aussi au modéleur et aux destinataires.

4. **Projection du sujet sur le plan** : il s'agit de l'activité de modélisation à proprement parler au travers de la représentation du système dans le langage choisi.
5. **Choix du niveau de détail** : il s'agit de réaliser un modèle d'une précision cohérente avec la connaissance du sujet, les objectifs du modèle et le temps consacré.

En outre, un aspect important que met en évidence cette vision de l'activité de modélisation concerne la multiplication des points de vue relatifs à un même sujet. En effet, il est difficile d'imaginer qu'il n'y ait pas d'interactions entre la modélisation 3D d'un bâtiment et sa consommation énergétique. De même, les préoccupations esthétiques ou aérodynamiques relatives à la conception d'une voiture ne peuvent s'affranchir totalement des modèles mécaniques (et réciproquement) sous peine par exemple que le moteur ne rentre pas sous le capot. La figure suivante illustre la nécessité de ces interactions :

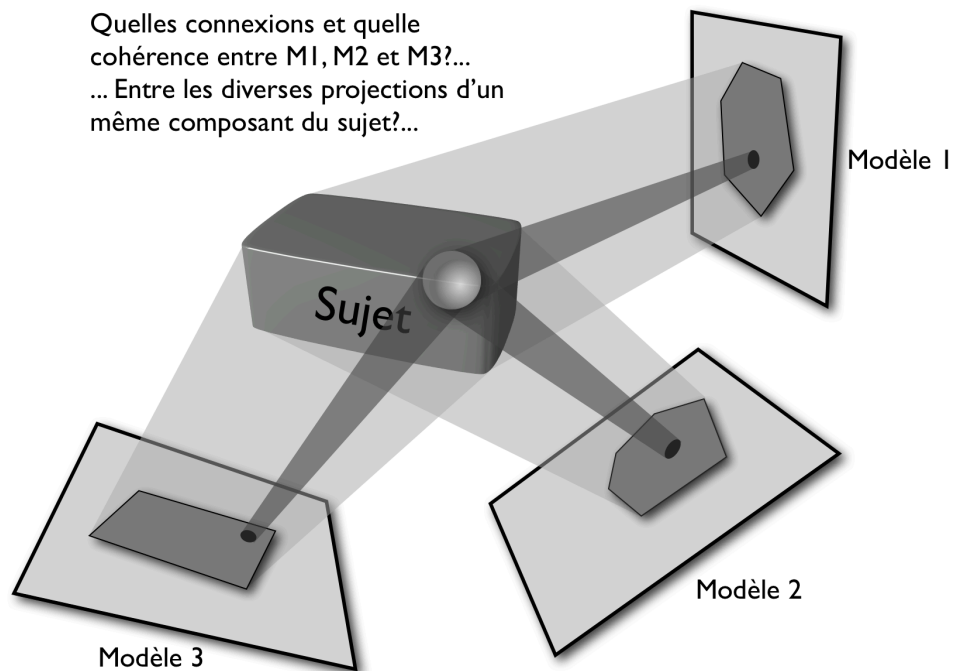


Figure A.3 La question de la cohérence des modèles.

II.5 Notion de métamodélisation ?

Un métamodèle est défini par l'OMG comme étant : « un modèle qui définit le langage utilisé pour exprimer un modèle » (OMG, 2002). Il s'agit donc d'un modèle de langage de modélisation. Plus pragmatiquement, un métamodèle est « une description de tous les concepts d'un langage. La métamodélisation permet de définir directement les concepts manipulés, leur sémantique et la syntaxe du langage liée à l'utilisation de ces concepts » (Chapron, 2006). Cette définition souligne l'intérêt de l'utilisation de métamodèles afin de définir un langage de représentation compréhensible par différents utilisateurs. Si ces définitions placent le modèle et le métamodèle au même niveau, ce n'est pas le cas d'autres auteurs qui proposent la définition suivante : « un métamodèle est un modèle dont les instances sont des modèles » (Bataille *et al.*, 2001). Cette montée en abstraction au niveau du métamodèle est particulièrement intéressante par rapport à l'utilisation d'une « technologie objet ».

Nous faisons donc le choix d'adopter la vision proposée par (Bézivin *et al.*, 2004) qui définit la relation qui unit le système étudié à son modèle par « **est représenté par** », et la relation qui unit un modèle à son métamodèle par « **est conforme à** ».

Nous venons de voir qu'un modèle et un métamodèle ne se situent pas au même niveau d'abstraction. Cependant, ce métamodèle peut correspondre à un modèle conforme à autre métamodèle. On parle alors de méta-métamodèle défini par l'OMG (OMG, 2002) comme un « modèle qui définit le langage utilisé pour exprimer un métamodèle ». Suite à cette définition nous voyons qu'il est possible d'avoir une infinité de (méta)ⁿmétamodèle. La figure ci-dessous inspirée de (OMG, 2002) représente les différents niveaux de modélisation (et deux exemples illustratifs). Notons que la boucle définit l'infinité de niveaux possibles.

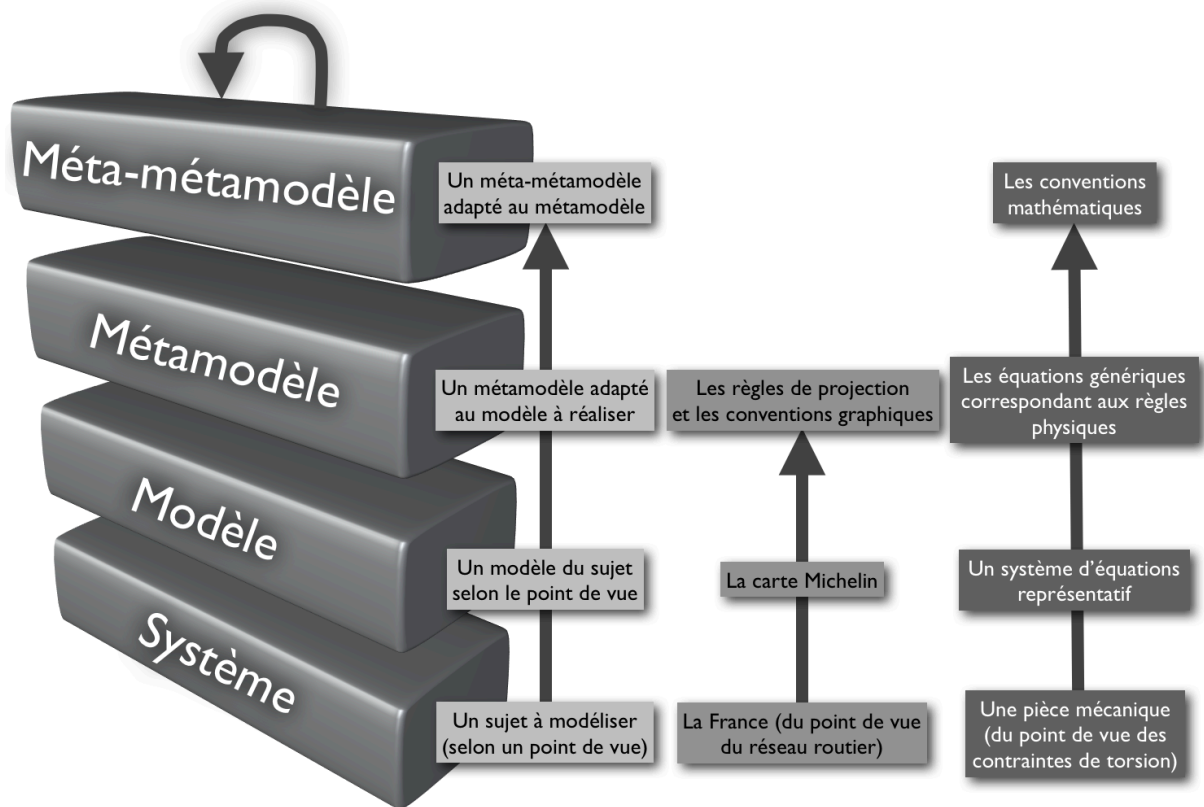


Figure A.4 La notion de métamodélisation.

Ces réflexions concernant la métamodélisation interviennent particulièrement dans la question de la transformation de modèles (ce sont entre les métamodèles que se définissent les règles de transformation). Par ailleurs, on peut également constater que les considérations relatives à la cohérence des modèles s'appuient en partie sur le concept de métamodèle.

II. Projets de recherche financés

Les lignes suivantes présentent les différents projets financés sur lesquels j'ai été amené à participer, que ce soit en tant que participant, responsable local ou coordinateur général. La plupart de ces projets sont directement contributeurs du projet de recherche MISE.

I-CARE		<i>Appel</i> : ANR/RNTL
<i>Durée</i> : 24 mois	<i>Début</i> : 03/2001	<i>Fin</i> : 03/2003

Le LGI2P, par l'intermédiaire du groupe *Validation et systèmes complexes* est l'un des partenaires du Projet *I-CARE (Infrastructure de Confiance pour des Architectures et Réseaux intEernet et mobiles)*. Ce projet de recherche vise à spécifier, définir et concevoir une architecture de certificats d'attributs permettant d'améliorer la sécurité et la confiance dans les échanges au sein de systèmes d'informations.

<i>Initiation</i> :	non	<p>Ma contribution au sein de ce projet a consisté à assister les membres du LGI2P impliqués dans ces travaux vis-à-vis de la démarche de conception de cette architecture et plus particulièrement dans la phase de modélisation UML du produit répondant aux attentes du projet. Cette phase a notamment permis de mettre en application une démarche de description fonctionnelle extrêmement proche de celle décrite au travers de la méthode <i>MoFoV</i> et de constater l'adaptabilité de ces premiers résultats par rapport à un domaine technologique (celui des systèmes d'informations) particulièrement différent du domaine optronique.</p> <p>Il est à noter que ce premier projet n'est pas directement lié à la thématique général MISE.</p>
<i>Montage</i> :	non	
<i>Participation</i> :	OUI	
<i>Coordination locale</i> :	non	
<i>Coordination générale</i> :	non	

Travaux liés : Post-doctorat Frédérick Bénaben

JOnES		<i>Appel</i> : ANR/RNTL
<i>Durée</i> : 24 mois + 6 mois	<i>Début</i> : 09/2005	<i>Fin</i> : 03/2008

Le projet JOnES (Java Open ESB) est un prolongement des travaux du consortium ObjectWeb. Les partenaires concernés sont : eBM-WebSourcing, France Telecom R&D, Inria ObjectWeb, Inria Sardes, Inria Jacquard, Odonata, OpenWide, et ScalAgent. Ces travaux visaient à l'élaboration d'un canevas permettant la création d'un bus de services d'entreprise (ESB).

<i>Initiation</i> :	non	<p>Ma participation concernait la formalisation d'un modèle de processus collaboratif cohérent destiné à être implémenté sur le prototype de bus de services d'entreprise. J'avais également la charge administrative de correspondant de l'EMAC au sein du projet.</p>
<i>Montage</i> :	non	
<i>Participation</i> :	OUI	
<i>Coordination locale</i> :	OUI	
<i>Coordination générale</i> :	non	

Travaux liés : Thèse de Jihed Touzi (partiellement)

ISyCri		<i>Appel</i> : ANR/CSOSG
<i>Durée</i> : 24 mois + 9 mois	<i>Début</i> : 05/2007	<i>Fin</i> : 02/2010
<p>ISyCri (Interopérabilité des Systèmes en situation de Crise) est un projet de recherche financé sur l'appel « sécurité » de l'ANR. Les partenaires étaient : Thalès-Communications, ARMINES/ENSTIMA/LGI2P, UT1/IRIT et eBM-WebSourcing. Ce projet concernait la gestion des situations de crise : caractérisation de ces situations, identification des processus de réponse, support de l'interopérabilité des SI des acteurs de la résolution de la crise (via la définition d'un SI Médiateur agile, adapté et adaptable à la situation).</p>		
<i>Initiation</i> : <i>Montage</i> : <i>Participation</i> : <i>Coordination locale</i> : <i>Coordination générale</i> :	OUI OUI OUI OUI OUI	Ma participation dans ce projet concernait tout d'abord mon rôle de coordinateur du projet (l'Ecole des Mines en étant le porteur). Par ailleurs, du fait du très bon alignement de ce projet avec le projet interne MISE, j'ai pris une part importante à un grand nombre d'activités au sein de l'organisation et du déroulement du projet ISyCri.
<i>Travaux liés</i> : Thèse de Sébastien Truptil, Post-doctorat de Jihed Touzi		

ISTA3		<i>Appel</i> : FUI
<i>Durée</i> : 24 mois + 3 mois	<i>Début</i> : 10/2009	<i>Fin</i> : 01/2012
<p>Le projet ISTA3 (Interopérabilité de 3^{ème} génération pour les Sous-Traitant de l'Aéronautique) est un projet fortement porté par le pôle GSO de l'InterOp V-LAB. Les partenaires concernés étaient : eBM-WebSourcing, Ecole Centrale de Lille, Université de Bordeaux 1, CNAM Pays de Loire, Université de Nantes, JTT et Sismeca. Ces travaux visent à proposer une démarche dirigée par les modèles pour prendre en charge l'interopérabilité entre les sous-traitants d'Airbus.</p>		
<i>Initiation</i> : <i>Montage</i> : <i>Participation</i> : <i>Coordination locale</i> : <i>Coordination générale</i> :	non OUI OUI OUI non	Ma participation concerne surtout la partie transformation de modèles (entre la caractérisation de la collaboration et les modèles permettant d'aboutir à son pilotage) et celle sur la réconciliation sémantique. D'autre part, j'ai été amené à prendre le rôle de responsable local en cours de projet.
<i>Travaux liés</i> : Thèse de Wenxin Mu		

PLAY		<i>Appel</i> : EU/ICT
<i>Durée</i> : 36 mois	<i>Début</i> : 10/2010	<i>Fin</i> : 10/2013
<p>Ce projet européen concerne une collaboration avec six partenaires européens : FZI (Allemagne), ICCS (Grèce), CIM (Serbie), Orange (France), EBM-WebSourcing (France), INRIA (France). Le sujet relève de la définition d'un environnement informatique distribué permettant l'échange d'information sur l'occurrence d'événements ainsi que l'analyse de ces événements selon des mécanismes élaborés permettant la génération de nouveaux événements.</p>		
<i>Initiation</i> :	non	<p>Ma participation concerne principalement la coordination des deux équipes de ressources de l'Ecole des Mines impliquées dans la définition et la réalisation d'une plateforme de démonstration d'un « use-case » de gestion de crise (six personnes). J'ai également la charge administrative de correspondant de l'EMAC au sein du projet.</p>
<i>Montage</i> :	OUI	
<i>Participation</i> :	OUI	
<i>Coordination locale</i> :	OUI	
<i>Coordination générale</i> :	non	
<p><i>Travaux liés</i> : Thèse de Anne-Marie Barthe-Delanoë, Post-doctorat de Sébastien Truptil et d'Aurélié Charles</p>		

SocEDA		<i>Appel</i> : ANR/Arpège
<i>Durée</i> : 36 mois	<i>Début</i> : 10/2010	<i>Fin</i> : 10/2013
<p>Le projet SocEDA (Social Event-Driven Architecture) mobilise les partenaires suivants : Thalès-Communications, Orange, EBM-WebSourcing et INRIA. Ce projet concerne l'exploitation d'outils de gestion complexe d'événements (CEP pour Complex Event Processing) afin de définir un environnement réactif quant à l'occurrence d'événements au sein de systèmes membres de cet environnement.</p>		
<i>Initiation</i> :	non	<p>Ma participation concerne tout d'abord la charge de coordination de l'équipe de recherche de l'Ecole des Mines engagée au sein du projet (5 personnes) mais également la définition et l'implémentation d'un service d'adaptation permettant, en fonction de la nature des événements générés par les outils de gestion complexe d'événements de réaliser une adaptation à la volée du (ou des) workflow(s) en cours d'orchestration.</p>
<i>Montage</i> :	OUI	
<i>Participation</i> :	OUI	
<i>Coordination locale</i> :	OUI	
<i>Coordination générale</i> :	non	
<p><i>Travaux liés</i> : Thèse de Anne-Marie Barthe-Delanoë, Post-doctorat de Sébastien Truptil</p>		

SIM-PeTra		<i>Appel</i> : MEDDTL/Predit/GO2
<i>Durée</i> : 24 mois	<i>Début</i> : 10/2011	<i>Fin</i> : 10/2013
<p>Le projet SIM-PeTra (Système d'Information de Médiation, application aux Perturbations dans les Transports) est réalisé en partenariat avec le CETE de l'Ouest (Centre d'Etude des Techniques de l'Equipement) et le CRICR de Rennes (Centre Régional d'Information et de Coordination Routière) sur la thématique de la gestion des crises dans les transports routiers. Il s'agit de définir spécifiquement une démarche outillée pour la construction de SI dédié à la médiation en gestion de crise météorologique dans les transports routiers.</p>		
<i>Initiation</i> : OUI <i>Montage</i> : OUI <i>Participation</i> : OUI <i>Coordination locale</i> : OUI <i>Coordination générale</i> : OUI	<p>Ma participation concerne tout d'abord la coordination générale du projet (l'Ecole des Mines étant porteur du projet). Par ailleurs, dans la continuité du projet MISE (et de sa composante <i>crise</i> initiée par le projet ISyCri), il est également nécessaire d'assurer, d'une part une cohérence étroite avec les travaux menés et en cours, et d'autre part une vision globale centrée sur la notion de collaboration.</p>	
<i>Travaux liés</i> : Thèse de Guillaume Macé Ramète		

OpenPaaS		<i>Appel</i> : FUI
<i>Durée</i> : 36 mois	<i>Début</i> : 10/2012	<i>Fin</i> : 10/2015
<p>En cours de démarrage (rentrée 2012), le projet OpenPaaS (Open Platform as a Service) l'étude, la définition et le prototypage d'une plateforme « cloud » destinée à proposer aux organisations un environnement de collaboration. Intégrant schématiquement certains codes des réseaux sociaux, cette plateforme doit proposer un certain nombre d'outils (de design-time et de run-time) permettant aux organisations de partager un profil public afin de mettre en œuvre des partenariats (détection, définition et implémentation des collaborations potentielles). Les partenaires concernés sont : Telecom Sud Paris, Université de Nancy, Linagora et EBM-WebSourcing.</p>		
<i>Initiation</i> : non <i>Montage</i> : OUI <i>Participation</i> : OUI <i>Coordination locale</i> : OUI <i>Coordination générale</i> : non	<p>Ma participation concerne tout d'abord la responsabilité locale de l'équipe de l'Ecole des Mines impliquée dans le projet. Par ailleurs, dans la continuité des thèses de V. Rajsiri et de W. Mu, la problématique de l'assistance à la définition d'une dynamique collaborative (sous la forme de processus collaboratifs) devra également être prise en charge.</p>	
<i>Travaux liés</i> : Une thèse dont le (ou la) candidat(e) reste à recruter		

III. Thèses de doctorat

Les lignes suivantes présentent les différents thèses que j'ai été amené à encadrer directement afin d'étayer le projet scientifique MISE. Il est à noter que ces travaux s'appuient sur un certain nombre de constantes : (i) la prise en compte, la cohérence et la continuité avec les travaux précédents ou en cours, (ii) le développement obligatoire de prototypes associés, qui plus est intégrables avec les autres briques logicielles réalisés, (iii) la nécessité de produire au moins un article de revue avec comité de lecture (nationale ou internationale) sur les résultats obtenus et (iii) la communication des avancées et des résultats dans des conférences majeures.

Jihed Touzi :

Titre	<i>Aide à la conception de Système d'Information Collaboratif support de l'interopérabilité des entreprises</i>		
Sujet	La problématique abordée par ces travaux concerne la définition d'un modèle UML de système d'information de médiation, basé sur le paradigme SOA. La connaissance utilisée pour construire, formellement et automatiquement ce modèle est issue de modèles de processus collaboratifs, exprimés à l'aide du formalisme BPMN. Le modèle UML obtenu, s'il n'est pas directement implémentable, constitue néanmoins une représentation fiable et formalisée du système d'information de médiation qui peut supporter et coordonner la collaboration métier cible. Ces travaux s'appuient pleinement sur une démarche d'ingénierie dirigée par les modèles en proposant un métamodèle de processus collaboratif (source), un métamodèle de SI de médiation orienté-services inspiré de PIM4SOA (cible) et des règles de transformation de modèles entre ces deux espaces. Enfin, ces travaux ont donné lieu à l'implémentation d'un prototype logiciel capable de réaliser la transformation de modèle décrite.		
Période	09/2004 – 11/2007	Bourse EPA	Projet lié JOnES
Directeur	Hervé Pingaud	Encadrant Frédérick Bénaben	Itération MISE 1.0
Principal article associé	Touzi, J., Bénaben, F., Pingaud, H., and Lorré, J.-P., (2009) A Model-Driven approach for Collaborative Service-Oriented Architecture design. <i>International Journal of Production Economics (IJPE)</i> , Elsevier, Volume 121, issue 1, pp. 5-20. Septembre 2009.		

Vatcharaphun Rajsiri :

Titre	<i>Knowledge-based system for collaborative process specification</i>		
Sujet	Le sujet de ces travaux relève de la construction automatisée d'une dynamique collaborative (sous la forme de processus collaboratifs) à partir de la connaissance recueillie, relative aux objectifs, au contexte et aux partenaires concernés. L'objectif est de proposer une démarche outillée permettant, à partir de la caractérisation d'une situation collaborative, de construire un processus collectif répondant fonctionnellement aux spécificités de la situation cible décrite. Ces travaux s'appuient sur les outils et principes de gestion de la connaissance (ontologies) et sur une démarche d'ingénierie dirigée par les modèles en proposant un métamodèle de collaboration basé sur le MIT Process Handbook (source) et des règles de transformation vers le métamodèle de processus collaboratif (défini par la thèse de Jihed Touzi). Enfin, ces travaux ont donné lieu à l'implémentation d'un prototype logiciel capable de générer des modèles comportementaux sous la forme d'un processus collaboratif BPMN. Par ailleurs, ce prototype logiciel est parfaitement compatible et connecté à celui produit par la thèse de Jihed Touzi.		
Période	01/2006 – 03/2009	Bourse CIFRE (eBM-WebSourcing)	Projet lié Ø
Directeur	Hervé Pingaud	Encadrant Frédérick Bénaben	Itération MISE 1.0
Principal article associé	Rajsiri, V., Lorré, J.-P., Bénaben, F., and Pingaud, H., (2010) Knowledge-based system for collaborative process specification. <i>Computers in Industry (CII)</i> , Elsevier, Volume 61, issue 2, pp. 161-175, Février 2010.		

Sébastien Truptil :

Titre	<i>Etude de l'approche de l'interopérabilité par médiation dans le cadre d'une dynamique de collaboration</i>		
Sujet	<p>Ces travaux s'inscrivent directement dans la continuité des thèses précédentes et visent, d'une part au déploiement informatique du système d'information de médiation (implémenté selon les résultats de la thèse de Jihed Touzi) orchestrant la dynamique comportementale appropriée (déduite selon les résultats de la thèse de Vatcharaphun Rajsiri) et d'autre part la mise à jour de ces systèmes d'information de médiation (et des workflows qu'ils orchestrent) en fonction des évolutions de la situation collaborative considérée. Ces travaux se concentrent plus particulièrement sur le domaine de la collaboration en contexte de gestion de crise (ce qui a nécessité en particulier de redéfinir le métamodèle de collaboration afin de l'adapter au contexte particulier). Par ailleurs, si ces travaux de recherche intègrent directement les résultats précédents, ils apportent trois nouvelles composantes cruciales : (i) le déploiement effectif du Si de médiation (sur la base du modèle issu des résultats de Jihed Touzi), (ii) l'intégration logicielle de tous les outils de design-time (au sein d'une même plateforme SOA) et (iii) le pilotage de l'agilité au sein de cet atelier logiciel grâce à la souplesse d'invocation (et de ré-invocation) des différents outils intégrés sous la forme de services. C'est donc finalement une complète démarche d'ingénierie dirigée par les modèles (outillée) qui résulte de ces travaux et qui conclut par conséquent la première itération du projet MISE.</p>		
Période	10/2007 – 01/2011	Bourse	ARMINES
Directeur	Hervé Pingaud	Encadrant	Frédérick Bénaben
		Projet lié	ISyCri
		Itération	MISE 1.0
Principal article associé	<p>Truptil, S., Bénaben, F., and Pingaud, H., (2010) Une architecture de système d'information collaboratif pour la gestion de crise. <i>ISI Revue</i>, Hermès, vol. 15, n°3, pp. 11-36.</p>		

Wenxin Mu :

Titre	<i>Collaborative situation characterization for business behavior design through ontology-based model transformation</i>		
Sujet	<p>La thématique couverte par ces travaux, lancés exactement en parallèles de ceux de Nicolas Boissel-Dallier, concerne la couche métier de la deuxième itération du projet MISE. On parle de niveau <i>abstrait</i> de MISE 2.0. L'analogie avec la thèse de Vatcharaphun Rajsiri est évidente, néanmoins, les différences sont nombreuses. S'il s'agit effectivement de construire un modèle de dynamique collaborative répondant de manière pertinente à la caractérisation d'une situation collaborative, il faut noter les trois différences majeures suivantes : (i) Un objectif est de construire un métamodèle de situation collaborative unique et exploitable quel que soient les contextes métier considérés, (ii) l'ambition est de construire une cartographie de processus collaboratifs interconnectés, intégrant des processus <i>décisionnels</i>, <i>opérationnels</i> et <i>support</i>, enfin (iii) les composants des processus collaboratifs déduits sont annotés à l'aide d'éléments d'ontologie afin de permettre une exploitation sémantique des modèles de processus ainsi construits. Par ailleurs, ces travaux, s'ils restent positionnées technologiquement sur des principes SOA et sur l'exploitation d'une plateforme ESB, inaugurent néanmoins une nouvelle dynamique de développement visant à produire des outils purement <i>web</i>. Le framework GWT est donc utilisé pour la réalisation du prototype associé à ces travaux de recherche.</p>		
Période	10/2009 – fin 2012	Bourse	ARMINES
Directeur	Hervé Pingaud	Encadrant	Frédérick Bénaben
		Projet lié	ISTA3
		Itération	MISE 2.0
Principal article associé	<p>Accepté avec modifications : Mu W., Bénaben, F., Pingaud H. (2011) Collaborative Business Process Deduction in a Model-Driven BPM Approach – Methodology Proposal. <i>Enterprise Information System (EIS)</i>, Taylor&Francis.</p>		

Nicolas Boissel-Dallier :

Titre	<i>Transformation des modèles collaboratifs métier en élément de déploiement du MIS par réconciliation sémantique</i>		
Sujet	<p>Ces travaux de recherche initiés simultanément à ceux de Wenxin Mu en sont le complément technique. On parle de niveau <i>concret</i> de MISE 2.0. L'objectif de ces travaux est double. Dans un premier temps, il s'agit d'utiliser la connaissance (sémantique et structurelle) contenue dans les modèles de cartographie collaborative de processus métier afin de déterminer le meilleur sous-ensemble de services techniques qui pourrait assurer les fonctionnalités couvertes par les modèles de comportement collaboratif métier. Le principe est alors non seulement de rechercher pour chaque activité métier le (ou les) service(s) technique(s) les plus pertinents pour assurer la même couverture fonctionnelle (approche 1-1), mais également d'effectuer la même démarche pour toutes les combinaisons pertinentes d'activités (approche n-m). Dans un deuxième temps, l'ambition est de « fluidifier » la structure des modèles techniques de workflows ébauchés en ajoutant des services intermédiaires de transformation de données : ça n'est en effet pas parce que deux services techniques ont été sélectionnés pour leur pertinence vis-à-vis du profil sémantique d'une activité qu'il est assuré que les formats de sortie de l'un soient adaptés aux formats d'entrée de l'autre. Ces deux composantes de la thèse de Nicolas Boissel-Dallier sont également outillées afin de permettre le déploiement concret d'un SI de médiation sur la base de la réconciliation sémantique appliquée aux processus déduits par les travaux de Wenxin Mu.</p>		
Période	10/2009 – fin 2012	Bourse	CIFRE (eBM-WebSourcing)
		Projet lié	Ø
Directeur	Hervé Pingaud	Encadrant	Frédérick Bénaben
		Itération	MISE 2.0
Principal article associé	<p>Accepté avec modifications : Boissel-Dallier, N., Bénaben, F., Pingaud, H., Lorré, J.-P. (2012) Semantic reconciliation from collaborative business process to executable workflow. <i>Enterprise Information System (EIS)</i>, Taylor&Francis.</p>		

Anne-Marie Barthe-Delanoë :

Titre	<i>Approche dirigée par les événements de prise en charge de l'agilité de chorégraphie de workflows collaboratifs</i>		
Sujet	<p>Ces travaux ont pour champs d'application le domaine de la gestion de crise. Il s'agit principalement d'utiliser les résultats de Wenxin Mu et Nicolas Boissel-Dallier pour proposer une intégration de l'ensemble de ces outils et une prise en charge efficace des contraintes d'agilité. La filiation avec la thèse de Sébastien Truptil est évidente, néanmoins, si l'intégration finale de MISE 1.0 et la prise en charge de l'agilité s'est faite au sein d'une architecture orientée services (SOA), l'intégration de MISE 2.0 s'appuie sur une architecture dirigée par les événements (EDA pour Event-Driven Architecture). Les travaux scientifiques associés à ce choix, et en particulier au domaine des CEP (Complexe Event Processing) permettent de s'orienter vers une bien meilleure prise en charge du volet <i>détection</i> de la notion d'agilité. Le volet <i>adaptation</i> restant quant à lui efficacement supporté par la structure orientée services sur laquelle se repose l'architecture EDA. Fortement intégrés dans les projets PLAY et SocEDA, ces travaux de recherches visent donc à intégrer la démarche MISE 1.0 au sein d'une plateforme Web tout en y intégrant une composante d'agilité nouvelle basée sur les technologies dirigées par les événements.</p>		
Période	10/2010 – fin 2013	Bourse	ARMINES
		Projet lié	PLAY, SocEDA
Directeur	Hervé Pingaud	Encadrant	Frédérick Bénaben
		Itération	MISE 2.0
Principal article associé	<p>Soumis : Barthe-Delanoë, A.-M., Bénaben, F., Carbonnel, S., Pingaud, H. (2012) Event-driven agility of interoperability during the runtime of collaborative processes. <i>Computers In Industry (CII)</i>, Elsevier.</p>		

Sarah Zribi :

Titre	<i>Intégration des exigences non-fonctionnelles pour assurer la gouvernance de chorégraphie de workflows collaboratifs</i>		
Sujet	<p>La thématique abordée par ces travaux de thèse apporte une nouvelle composante au projet MISE en explorant un sujet délaissé par la première itération MISE 1.0 : la prise en compte des exigences non-fonctionnelles dans la définition puis le pilotage de la dynamique collaborative appropriée à la situation collaborative considérée. L'objectif général est de proposer un premier environnement de gouvernance dédié aux chorégraphies de workflows collaboratifs. Le schéma de ces travaux s'appuient sur les résultats de la thèse de Wenxin Mu en envisageant en particulier l'ajout d'un principe d'annotation non-fonctionnelle afin d'associer aux processus déduits au niveau <i>abstrait</i> les éléments d'information relatifs à certaines exigences attendus lors de l'exécution des workflows collaboratifs (telles que les temps de réponse, le niveau de sécurité, le taux de défaillance, etc.). Par ailleurs, ces exigences non-fonctionnelles, ajoutées au niveau du modèle comportemental collaboratif seront utilisées lors de la réconciliation sémantique afin d'améliorer la sélection et l'agencement des services. En effet, en se basant sur les résultats obtenus par Nicolas Boissel-Dallier, les règles de réconciliation (et en particulier les règles d'évaluation de la pertinence des services techniques vis-à-vis des attendus sémantiques des activités métier) seront enrichies de considérations non-fonctionnelles permettant d'affiner les évaluations et ainsi d'améliorer les choix techniques.</p>		
Période	10/2010 – fin 2013	Bourse	CIFRE (eBM-WebSourcing)
Directeur	Hervé Pingaud	Encadrant	Frédérick Bénaben
Principal article associé	<p>Il n'y a pas encore d'article soumis pour une revue mais on peut citer une conférence internationale : Zribi, S., Bénaben, F., Ben Hamida, A., Lorré, J.-P., (2012) Towards a Service and Choreography Governance Framework for Future Internet. <i>Proceedings of INTEROP-ESA'12</i>, Springer-Verlag, Valencia, Spain.</p>		
Projet lié	∅		
Itération	MISE 2.0		

Guillaume Macé Ramète :

Titre	<i>Déploiement d'un système d'information de médiation et d'aide à la décision en situation de crise routière</i>		
Sujet	<p>Le sujet de ces travaux comporte deux volets très différents. Le premier aspect concerne la mise en application concrète et la spécialisation des résultats (méthodologiques comme technologiques) de MISE 2.0 dans un contexte réaliste et précis : les crises dans les transports routiers dues aux intempéries. Une composante forte de ce premier volet concerne donc l'utilisation du métamodèle de situation collaborative (hérité des travaux de Wenxin Mu) et des règles de déduction comportementale associées, dans le domaine métier considéré. Le deuxième aspect du sujet concerne la notion d'aide à la décision que la troisième itération du projet MISE ambitionne d'apporter (en plus d'autres aspects à développer dans des thèses ultérieures). Cette idée, basée sur l'ajout d'indicateurs de performance (en s'adossant sur les exigences non-fonctionnelles de la thèse de Sarah Zribi) doit permettre non seulement d'accompagner plus efficacement le design-time, mais également de piloter plus finement le run-time en apportant un monitoring et des tableaux de bord pertinents et significatifs.</p>		
Période	10/2011 – fin 2014	Bourse	ARMINES
Directeur	Jacques Lamothe	Encadrant	F. Bénaben, M. Laurus
Principal article associé	<p>Il n'y a pas encore d'article soumis pour une revue mais on peut citer une conférence internationale : Macé Ramète, G., Lamothe, J., Laurus, M., Bénaben, F. (2012) A road crisis management metamodel for an information decision support system <i>Proceedings of IEEE-DEST'12</i>, Springer-Verlag, Campioni d'Italia, Italy.</p>		
Projet lié	SIM-PeTra		
Itération	MISE 3.0		

Autres :

A ces thèses s'ajoutent également les post-doctorats *Jihed Touzi* (réalisé dans le cadre du projet ISyCri) sur le déploiement du SIM sur une plateforme ESB, de *Sébastien Truptil* et *d'Aurélié Charles* (réalisés dans le cadre des projets PLAY et SocEDA), sur les aspects « métier » et « techniques » de la gestion de crise et sur les architectures dirigées par les événements (avec un cas d'usage sur un accident nucléaire).

IV. ESB JBI

La plateforme technologique cible du projet MISE (au moins lors des deux premières itérations, et actuellement pour ce qui concerne la troisième itération) est le bus de services open-source PETALS-ESB (développé par EBM-WebSourcing et la communauté OW2). Cette plateforme SOA est basée sur la norme *Java Business Integration* (JBI), standard issu de la JSR 208 (*Java Specification Request*). Ce standard est spécifiquement dédié à la définition des conteneurs de services et de leur comportement. Différents bus de services (ESB), open-source ou propriétaire, se basent sur JBI. A titre d'exemple on peut citer *Open ESB* de Sun ou *Servicemix* d'Apache. D'autres bus de services sont simplement compatibles avec le standard JBI (*Sonic ESB* de Sonic Software ou *Mule* de Mule Source). Le principe général de ces bus est représenté sur la figure suivante :

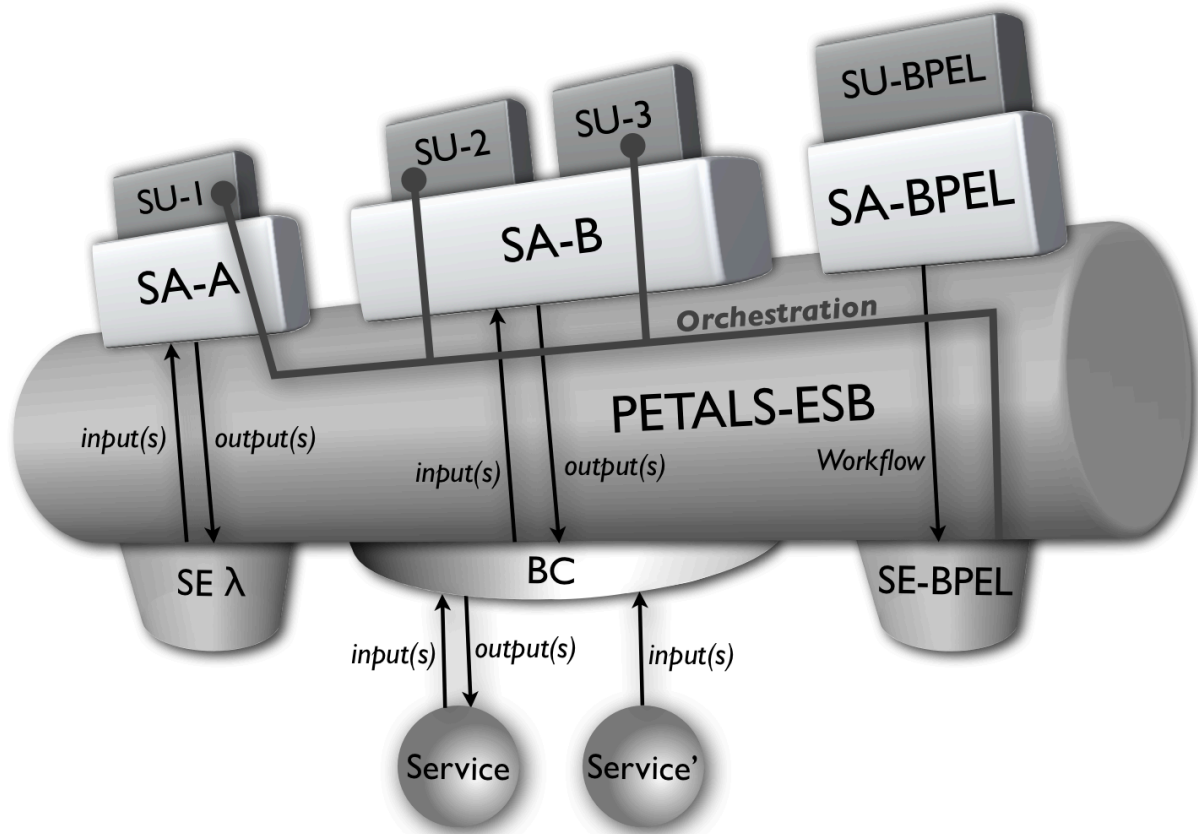


Figure A.5 Principe général de PETALS ESB.

Le bus de services PETALS ESB ambitionne de connecter entre eux des services techniques hétérogènes. Ces derniers sont soit « complètement compatibles avec le bus », et dans ce cas embarqués directement dans le bus en tant que *Service Engine* (SE), soit « simplement compatibles avec un protocole de communication » (SOAP, http, etc.), et dans ce cas localisés hors du bus lui-même. Tous ces services, internes ou externes, sont alors invocables au travers du bus par le moteur de workflow (*service engine*) conformément aux workflows (caractéristiques du modèle de comportement).

Chaque service technique, interne ou externe, est représenté par un *Service Unit* (SU) qui définit son interface spécifique (en particulier ses entrées et ses sorties par le biais de fichiers WSDL). Chaque SU est embarqué au sein d'un *Service Assembly* (SA) qui fournit le lien vers le service physique. Si le service est un SE (*i.e.* embarqué dans le bus), le lien caractérisé par le SA est alors un lien direct. Si en revanche il s'agit d'un service externe, le lien fourni par le SA est alors un lien indirect via un BC (chargé de transférer les messages au bon format). Si plusieurs services (externes) utilisent le même protocole de communication, leurs SU seront alors embarqués au sein du même SA, pointant vers le même BC.

Par ailleurs, un SU spécifique contient le modèle de workflow (au format BPEL) qui doit être exécuté afin de réaliser l'orchestration. Ce SU contient un SA spécifique connecté au SE en charge de l'orchestration (le SE-BPEL). Ce SU particulier, via ce SA particulier, fournit au SE-BPEL le fichier BPEL

représentatif du workflow à orchestrer au sein du bus. Le SE-BPEL contacte alors les SU (via leurs SA) afin d'invoquer les services (internes ou externes) relativement à la séquence d'exécution signifiée dans le modèle de workflow en BPEL.

Finalement, afin de déployer correctement PETALS ESB, quatre types d'éléments doivent être déployés conjointement :

- *Tous les SE nécessaires* : ces composants seront nécessaires pour les déploiement des SA qui contiennent les SU connectés à ces services internes. Le service spécifique SE-BPEL dédié à l'orchestration du fichier BPEL fait partie de ce lot de services internes.
- *Tous les BC nécessaires* : ces éléments seront nécessaires pour le déploiement des SA qui contiennent les SU connectés aux services externes (au travers des protocoles gérés par ces BC).
- *Tous les SA* : Ces éléments embarquent tous les SU qui définissent les interfaces de tous les services nécessaires (internes ou externes). Chaque SA est connecté à un SE ou à un BC. Afin de permettre l'évolution de l'ensemble des services supportés, plusieurs SA peuvent potentiellement être connectés au même SE ou au même BC (facilité de remplacement).
- *Le SA spécifique au SE-BPEL* : Ce composant, connecté au SE-BPEL, contient le SU-BPEL qui embarque les modèles de workflows et également un fichier particulier (nommé *ProcessArtifact*) dont la fonction est de fournir au SE-BPEL toutes es adresses physiques des services externes.

Sur la base de ces fichiers, un fichier de déploiement *Ant* est défini (chargé de démarrer l'installation de tous les fichiers précédemment listés). Grâce à ce fichier de déploiement, une instance spécifique de PETALS ESB peut être déployée.

Résumé :

Dans un contexte où, d'une part la compétitivité des organisations est de plus en plus dépendante de leur capacité à s'inscrire efficacement dans des collaborations parfois éphémères et souvent opportunistes et d'autre part la dynamique comportementale de ces mêmes organisations repose grandement sur leur système d'information et leur système informatique, il est non seulement légitime mais également nécessaire de s'intéresser à l'interopérabilité des systèmes d'information et aux moyens (théoriques, méthodologiques et technologiques) de supporter efficacement les collaborations d'organisations par cet intermédiaire.

Ce mémoire d'Habilitation à Diriger les Recherches propose une étude de cette problématique au travers d'une grille de lecture qui ambitionne d'en faire émerger les composantes principales. Dans un deuxième temps, c'est une description structurée et argumentée des travaux et résultats, menés au sein de l'équipe MISE du centre de Génie Industriel de l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux, qui est proposée au lecteur. Le tout vise à présenter une structure forcément incomplète et perfectible mais couvrante de la problématique abordée, tout en mettant en évidence ses points forts, à savoir sa cohérence et sa continuité, depuis l'initiation de ces travaux.

Cette approche générale, dorsale du projet de recherche interne MISE, s'inspire de la vision *Business Process Management* et s'appuie sur une démarche d'*Ingénierie Dirigée par les Modèles* pour parvenir au déploiement d'un *Système d'Information de Médiation* respectant le paradigme *Service-Oriented Architecture* et basé sur des technologies d'*Enterprise Service Bus* et *Event-Driven Architecture*.

Ces recherches présentent plusieurs spécificités structurelles. Tout d'abord, ces travaux ont systématiquement donné lieu au développement de démonstrateurs (complémentaires les uns des autres et compatibles technologiquement). En outre, sept projets de recherche financés ainsi que huit thèses de doctorats ont permis de supporter, financièrement et thématiquement, le déroulement du projet MISE.

Mots-clefs : Interopérabilité, système d'information, transformation de modèle, gestion de la connaissance, architecture orientée-services, bus de services d'entreprise, services web, architecture dirigée par les événements, informatique dans les nuages,

Abstract :

On the one hand, competitiveness of organizations depends on their ability to efficiently take part into collaborative situations (which are more and more opportunistic and ephemeral). On the other hand, organization behaviors are more and more supported by their information systems and their computer systems. Consequently, it is not only obvious but also necessary to consider the issue concerning interoperability of information systems in order to support collaborations of organizations. The question is how to achieve interoperability (on theoretical, methodological and technological points of views).

Firstly, this manuscript presents a study concerning this issue thanks to a decantation process based on several thematic filters. Then, the document focuses on a description of the overall research works that have been performed by the MISE team of the Industrial Engineering Center of Ecole des Mines d'Albi-Carmaux during the last eight years. The main objective is to present a coherent and covering set of research works, even if improvable, in order to highlight one of its main features: its coherency since the early beginning.

The general MISE approach is inspired by *Business Process Management* consideration and is based on *Model-Driven Engineering*. The goal is to deploy a *Mediation Information System*, based on *Service-Oriented Architecture* principles and using technologies such as *Enterprise Service Bus* and *Event-Driven Architecture*.

Finally, these research works have respected some specific characteristics, which are: systematic development of software tools (according to a complementary philosophy), financial support of funded research projects (seven of them are specifically dedicated to MISE) and thematic support of PhD works (eight of them compose a complementary suit of PhD subjects).

Keywords : Interoperability, information system, model transformation, knowledge management, service-oriented architecture, enterprise service bus, web-services, event-driven architecture, cloud-computing.